

Arbeidshukommelse og matematikk

Hva karakteriserer sammenhengen mellom den fonologiske sløyfen, den sentrale styringsenheten og matematikkprestasjoner?

Anke Houben



Masteroppgave i spesialpedagogikk

Det utdanningsvitenskapelige fakultet

Institutt for spesialpedagogikk

UNIVERSITETET I OSLO

23.05.06

Sammendrag

Tidligere forskning har vist at arbeidshukommelse kan ha sammenheng med matematikkferdigheter. Formålet med dette masterprosjektet har vært å undersøke sammenhengen mellom arbeidshukommelse, slik Baddeley definerer det, og matematikkprestasjoner. To komponenter av Baddeleys arbeidshukommelsesmodell har blitt belyst: den fonologiske sløyfen og den sentrale styringsenheten. Disse har blitt operasjonalisert ved hjelp av The Working Memory Test Battery for Children, utviklet av Gathercole og Pickering. Den fonologiske sløyfen har blitt operasjonalisert ved hjelp av to deltester, "tallrepetisjon" og "ordrepetisjon". Den sentrale styringsenheten har blitt operasjonalisert ved hjelp av deltesten "baklengs tallrepetisjon". Matematikkprestasjonene har blitt operasjonalisert ved hjelp av den nasjonale prøven 2005 i matematikk for 4. trinn. I tillegg ble resultatene kontrollert for IQ ved hjelp av to deltester fra WISC-III, "ordforståelse" (verbal IQ) og "terningsmønster" (nonverbal IQ).

Utvalget besto av 40 barn fra to forskjellige skoler på Østlandet. Elevene gikk på 5. trinn og ble delt inn i to kontrastgrupper. Gruppe 1 besto av 20 elever med lave matematikkprestasjoner og gruppe 2 besto av 20 elever med høye matematikkprestasjoner.

Resultatene viser at gruppe 1 skåret signifikant lavere enn gruppe 2 i deltestene "tallrepetisjon" og "baklengs tallrepetisjon", men ikke i "ordrepetisjon". Forskjellen nærmet seg allikevel et signifikansnivå. Da det ble kontrollert for intelligens, skåret gruppe 1 ikke signifikant lavere på noen av deltestene. Da det bare ble kontrollert for verbal intelligens, var resultatene i "baklengs tallrepetisjon" signifikant lavere i gruppe 1. Dette gjaldt også da det bare ble kontrollert for nonverbal intelligens. Disse resultatene kan skyldes store forskjeller mellom verbal og nonverbal IQ-skåre hos noen barn. Det ble også foretatt en sammenligning mellom barn med en IQ-skåre høyere enn 100 med lave matematikkprestasjoner og barn med en IQ-skåre høyere enn 100 med høye matematikkprestasjoner. Da viste det seg at gruppen med lave

matematikkprestasjoner skåret signifikant lavere i "baklengs tallrepetisjon".

Resultatene kan tyde på at intelligens er en bakenforliggende faktor for prestasjonene i matematikk og arbeidshukommelsestester. "Baklengs tallrepetisjon" synes allikevel å være en test som viser en tydelig sammenheng mellom arbeidshukommelse og matematikk. Dette stemmer overens med tidligere forskning som hevder at tester som har til hensikt å måle den sentrale styringsenheten, korrelerer høyt med matematikkprestasjoner. Tidligere forskning har imidlertid også vist at slike tester korrelerer høyt med intelligens.

Forord

Denne masteroppgaven er en del av mitt masterstudium i spesialpedagogikk med spesifikke læreverser som fordypning ved Institutt for spesialpedagogikk, Universitetet i Oslo.

Det er mange som har vært til god hjelp underveis i skriveprosessen. Først vil jeg takke Silje Systad, som jeg har samarbeidet med i dette prosjektet, spesielt under datainnsamlingen. Hun har vært en veldig bra støtte hele veien, både faglig og personlig. Jeg vil takke min veileder Monica Amrahamsen, for konstruktiv og faglig stimulerende veiledning. Tusen takk til barna og lærerne på skolene som har stilt opp, for å være så samarbeidsvillige. Stor takk også til Peter og Merethe for korrekturlesning.

Til slutt en stor takk til min kjære Peter, for moralsk støtte.

Oslo, 22. mai 2006

Anke Houben

Innhold

1. INNLEDNING	7
1.1 Tema, bakgrunn og formål	7
1.2 Struktur i denne undersøkelsen	8
2. ARBEIDSHUKOMMELSE OG MATEMATIKK	9
2.1 Langtids- og korttidshukommelse	9
2.2 Arbeidshukommelse	10
2.2.1 Skillet mellom korttidshukommelse og arbeidshukommelse	10
2.2.2 Modeller av arbeidshukommelse	12
2.2.3 Baddeleys arbeidshukommelsesmodell	14
2.2.4 Den fonologiske sløyfen	15
2.2.5 Den sentrale styringsenheten	17
2.2.6 Baddeleys modell: styrker og svagheter	18
2.3 Arbeidshukommelsen, intelligens og kognitive ferdigheter	20
2.4 Sammenhengen mellom den fonologiske sløyfen, den sentrale styringsenheten og matematikk	23
2.5 Problemstillinger	30
3. METODE	32
3.1 Design og gjennomføring	32
3.2 Utvalg og utvalgsprosedyrer	32
3.2.1 Utvalgskriterier	33
3.2.2 Utvalgsprosedyre	34
3.3 Instrumenter	35
3.3.1 Den nasjonale prøven 2005 i matematikk for 4.trinn	35
3.3.2 The Working Memory Test Battery for Children	35
3.3.3 WISC-deltestene: Ordforståelse og Terningmønster	37
3.4 Operasjonalisering	38

3.4.1	Variabler i undersøkelsen	38
3.4.2	Analyse	38
3.5	Reliabilitet	39
3.6	Validitet	39
3.7	Etiske refleksjoner	41
4.	RESULTATER	43
4.1	Deskriptive resultater	43
4.1.1	Tallrepetisjon	43
4.1.2	Ordrepetisjon	44
4.1.3	Baklengs tallrepetisjon	45
4.1.4	WISC	46
4.1.5	Korrelasjon mellom de ulike testene	48
4.2	Analytiske resultater	50
4.2.1	Sammenhengen mellom matematikkprestasjoner og omfanget av den fonologiske sløyfen	50
4.2.2	Sammenhengen mellom matematikkprestasjoner og omfanget av den sentrale styringsenheten	52
4.2.3	Sammenligning mellom gruppene når IQ er 100 eller mer	53
5.	DRØFTING AV RESULTATER	54
5.1	Validitetsvurdering av undersøkelsen	54
5.1.1	Statistisk validitet	54
5.1.2	Indre validitet	56
5.1.3	Begrepsvaliditet	58
5.1.4	Ytre validitet	61
5.2	Diskusjon	62
5.3	Oppsummering og perspektiver for fremtidige studier	67
	KILDELISTE	71

Oversikt over figurer og tabeller

Figuroversikt

Figur 1: Baddeleys nyeste versjon av arbeidshukommelsesmodellen (2002)	15
Figur 2: tallrepetisjon, standardskårer (N=20)	44
Figur 3: Ordrepetisjon, standardskårer (N=20)	45
Figur 4: Baklengs tallrepetisjon, standardskårer (N=20)	46
Figur 5: WISC sumskåre, standardskårer (N=20)	47
Figur 6: Gjennomsnittene for gruppe 1 (elever med lave matematikkprestasjoner) og gruppe 2 (elever med høye matematikkprestasjoner) på de ulike deltestene	48
Figur 7: Mulige årsakssammenhenger i denne undersøkelsen	58

Tabelloversikt

Tabell 1: Korrelasjoner mellom testvariablene (N=40)	50
Tabell 2: Gjennomsnitt og standardavvik for "tallrepetisjon" hos elever med lave og høye matematikkprestasjoner, standardskårer	51
Tabell 3: Gjennomsnitt og standardavvik for "ordrepetisjon" hos elever med lave og høye matematikkprestasjoner, standardskårer	51
Tabell 4: Gjennomsnitt og standardavvik for "baklengs tallrepetisjon" hos elever med lave og høye matematikkprestasjoner, standardskårer	52

1. Innledning

1.1 Tema, bakgrunn og formål

Tema for dette masterprosjektet er sammenhengen mellom matematikkprestasjoner og arbeidshukommelse. Bakgrunnen for valg av tema er først og fremst erfaring fra praksisperiodene der jeg jobbet med barn med matematikkvansker. Kognitive faktorer som hukommelse kan være en årsak til matematikkvansker. Jeg er spesielt interessert i en del av hukommelsen som heter arbeidshukommelse eller Working Memory. Forskning har vist at arbeidshukommelse har betydning for skoleprestasjoner, som lese- og skriveferdigheter og matematikkprestasjoner. Det finnes mye forskning på arbeidshukommelse, spesielt i USA og England. Fokuset har vært mest på sammenhengen mellom lese- og skriveferdigheter og arbeidshukommelse. En mindre del av denne forskningen belyser sammenhengen mellom matematikkferdigheter og arbeidshukommelse (Geary og Hoard 2003; Hulme og Roodenrys 1995; McLean og Hitch 1999; Rasmussen og Bisanz 2005; van der Sluis m.fl. 2005; Lefevre m.fl. 2005; Holmes og Adams 2006 m.fl.). I Norge finnes det imidlertid ikke mye forskning på dette området. Dette masterprosjektet blir dokumenterende fordi det ser på sammenhenger som allerede er forsket mye på internasjonalt. Det er samtidig også eksplorerende ettersom det ikke foreligger mange undersøkelser om dette fenomenet i Norge, og fordi testen som brukes ikke har vært benyttet i Norge tidligere.

Formålet med denne undersøkelsen er å finne eventuelle sammenhenger mellom to komponenter av arbeidshukommelse, henholdsvis den fonologiske sløyfen og den sentrale styringsenheten, og matematikkprestasjoner.

1.2 Struktur i denne undersøkelsen

Kapittel 2 behandler teori og empiri som danner bakgrunn for dette masterprosjektet. Det tas utgangspunkt i Baddeleys arbeidshukommelsesmodell og spesielt to av modellens komponenter, den fonologiske sløyfen og den sentrale styringsenheten. Kapittelet avsluttes med problemstillingene.

Kapittel 3 beskriver den metodiske tilnærmingen som har blitt benyttet for å belyse problemstillingene. Videre gis det begrunnelser for utvalgsprosedyren, instrumentene, operasjonaliseringen, reliabilitet, validitet og etiske refleksjoner.

I kapittel 4 presenteres deskriptive og analytiske resultater fra undersøkelsen.

Kapittel 5 inneholder en diskusjon av undersøkelsens validitet og reliabilitet. Deretter drøftes resultatene i lys av tidligere teori og empiri. Til slutt følger oppsummeringen og perspektiver for fremtidige studier og spesialpedagogisk arbeid.

2. Arbeidshukommelse og matematikk

I dette kapittelet blir det først redegjort generelt for langtidshukommelse og korttidshukommelse versus arbeidshukommelse. Videre presenteres forskjellige arbeidshukommelsesmodeller og deretter arbeidshukommelse slik Baddeley definerer den. Deretter presenteres to komponenter av Baddeleys arbeidshukommelsesmodell, den fonologiske sløyfen og den sentrale styringsenheten. Videre vil fordeler og kritikk mot Baddeleys framstilling av arbeidshukommelsesmodellen og spesielt den fonologiske sløyfen og den sentrale styringsenheten, bli behandlet. Før sammenhengen mellom henholdsvis den fonologiske sløyfen, den sentrale styringsenheten og matematikk belyses, blir forholdet mellom kognitive ferdigheter og arbeidshukommelse tydeliggjort.

2.1 Langtids- og korttidshukommelse

I kognitiv psykologi har det i en årrekke vært diskutert om hukommelsen kan betraktes som en helhet eller som et system som kan deles opp i to eller flere undersystemer (Baddeley 1992). På 60-tallet laget Shiffrin og Atkinson en modell basert på en todeling i henholdsvis korttidshukommelse og langtidshukommelse (Atkinson og Shiffrin 1968; Baddeley 1992; Baddeley 2002). De skilte eksplisitt mellom korttids- og langtidshukommelse og mente at korttidshukommelsen fungerte som en slags arbeidshukommelse, og at korttidshukommelsen var nødvendig ved innlæring og utføring av kognitive oppgaver (Atkinson og Shiffrin 1968; Baddeley 2002). Baddeley og Hitch var uenige i påstanden om at korttidshukommelsen og arbeidshukommelsen fungerte som en helhet. Grunnlaget for dette var pasienter med en defekt korttidshukommelse, som viste en fungerende langtidshukommelse, og gode generelle intellektuelle evner til tross for dårlige prestasjoner i korttidshukommelse (Baddeley 1986; Baddeley 1992; Andrade 2001a). Hvis Atkinson og Shiffrins påstand skulle stemme, kunne disse personene ikke være i stand til å ta til seg nye kunnskaper. Baddeley og Hitch foretok et såkalt "dual-task"-

eksperiment i 1974 der testpersonen måtte foreta flere handlinger samtidig. Det viste seg at personer som fikk overbelastet korttidshukommelsen ved hjelp av en tallrepetisjonstest, allikevel klarte å resonnerer og lære ganske effektivt samtidig. Ved hjelp av dette eksperimentet og de nevnte nevropsykologiske undersøkelsene, kom Baddeley og Hitch frem til at de ville skille korttidshukommelsen og arbeidshukommelsen og dele inn arbeidshukommelsen i tre ulike atskilte komponenter (Baddeley 1992).

Hulme og Roodenrys (1995) betrakter langtidshukommelse som et omfangsrikt, mer eller mindre permanent informasjonslager. Korttidshukommelsen har derimot i følge dem en begrenset kapasitet og kan miste informasjon hvis ikke den gjenkalles aktivt. Hulme og Roodenrys påpeker imidlertid at todelingen i korttids- og langtidshukommelse er en forenkling. Det finnes nemlig forskjellige former for korttidshukommelse, både korttidshukommelse i forhold til verbalt materiale, visuell informasjon og informasjon om våre egne bevegelser. I tillegg kan langtidshukommelsen deles opp i ulike komponenter, for eksempel i en implisitt og en eksplisitt komponent (ibid; Wetterberg 2005).

2.2 Arbeidshukommelse

2.2.1 Skillet mellom korttidshukommelse og arbeidshukommelse

Hulme og Roodenrys (1995) definerer arbeidshukommelse som et system som er ansvarlig for midlertidig lagring av informasjon under utføringen av kognitive oppgaver. Korttidshukommelse karakteriseres i følge dem også av en midlertidig lagring av informasjon som fort kan forsvinne hvis ikke den repeteres aktivt. De mener at definisjonen av arbeidshukommelse i større grad er funksjonell og at termen korttidshukommelse er strukturell. De forklarer forvekslingen mellom disse to begrepene ved at korttidshukommelse i noen oppgaver fungerer som et arbeidshukommelsessystem. Lagringskapasiteten til korttidshukommelsen er viktig når man utfører bestemte oppgaver, som hoderegning. Dette betyr ikke nødvendigvis

at ikke andre komponenter i hukommelsen bidrar i slike oppgaver (ibid.; Hulme og Mackenzie 1992). Hulme og Roodenrys konstaterer at det er av betydning å skille mellom begrepene, fordi begrepet arbeidshukommelse er videre enn korttidshukommelse (ibid.). Vanlige tester som har til hensikt å måle korttidshukommelse, er tallrepetisjon og ordrepetisjon. Hulme og Roodenrys bemerker at prestasjoner på slike tester ikke nødvendigvis bare er avhengige av korttidshukommelse, men også påvirkes av andre faktorer som oppmerksomhet, perseptuelle faktorer og langtidshukommelse.

I henhold til Baddeley og Hitch' modell kan man se på arbeidshukommelse ved hjelp av en tredeling: det finnes to slavesystemer og en sentral styringsenhet som koordinerer informasjon mellom de to slavesystemene (Baddeley 1986; 1992; 2000; 2002). Denne modellen er mest sentral i denne undersøkelsen og vil bli redegjort for senere i oppgaven. Lanfranchi og Swanson (2005) mener at forskjellen mellom korttidshukommelse og arbeidshukommelse er delvis lik forskjellen mellom slavesystemene og den sentrale styringsenheten. Den visuospatiale skisseblokken og den fonologiske sløyfen er lagringssystemer, og kan betraktes som korttidshukommelse. Den sentrale styringsenheten er ansvarlig for koordineringen innenfor systemet, "(...) *but it also devotes some of its resources to increasing the amount of information that can be held in the two subsystems*". (Lanfranchi og Swanson 2005: 300). Den sentrale styringsenheten kan i følge Lanfranchi og Swanson betraktes som arbeidshukommelse. Derfor definerer de arbeidshukommelse som en prosesseringskilde med en begrenset kapasitet, som inkluderer å holde fast informasjon samtidig som den prosesserer den samme eller annen informasjon. Et eksempel på en slik oppgave er baklengs tallhukommelse. Korttidshukommelse omhandler situasjoner der begrenset informasjon holdes fast på en passiv måte og der det stilles få krav til langtidshukommelse. Eksempler på slike oppgaver er tallrepetisjon og ordrepetisjon (ibid.).

Van der Sluis m.fl. (2005) hevder at korttidshukommelse kun omfatter lagring mens arbeidshukommelse kombinerer lagring og prosessering av informasjon. Også

LeFevre m.fl. (2005) hevder at korttidshukommelse og arbeidshukommelse er distinkte begreper, der korttidshukommelse står for lagring av informasjon og arbeidshukommelse inneholder både lagring og prosessering og er sentral ved anstrengende mentale operasjoner. I følge Andrade (2001a) foretrekker mange forskere begrepet arbeidshukommelse fremfor korttidshukommelse, ettersom arbeidshukommelse inkluderer at vi bruker midlertidig lagret informasjon i generell kognisjon. I denne undersøkelsen er det valgt å bruke begrepet arbeidshukommelse. Grunnen er at modellen som denne undersøkelsen er basert på, bruker arbeidshukommelse. Dette gjelder også for testbatteriet som er tatt i bruk (Gathercole og Pickering 2001a).

2.2.2 Modeller av arbeidshukommelse

Det er vanlig å skille mellom enhetlige arbeidshukommelsesmodeller, også kalt "domain general models", og arbeidshukommelsesmodeller som består av flere komponenter, "domain specific models" (Baddeley 1992; Richardson 1996a og 1996b; Andrade 2001a; LeFevre m.fl. 2005). I USA har man fokusert mest på den enhetlige modellen og tatt i bruk en psykometrisk tilnærming. I Europa har man derimot vektlagt modellen som består av flere komponenter og blant annet forsket ved hjelp av nevropsykologiske kasus (Baddeley 1992). Andrade (2001a) diskuterer også forholdet mellom den europeiske og den amerikanske modellen og fremhever at hovedvekten ved den amerikanske modellen ligger på styringsprosessen. I arbeidshukommelsesforskning i USA er lagringen ikke atskilt fra prosesseringen, som i Baddeley og Hitch' modell, men integrert. Daneman og Carpenter (ibid.) betrakter korttidshukommelsen som en integrert del av langtidshukommelsen og mener at lagring og prosessering utfyller hverandre og er avhengige av hverandre. Hvis prosesseringen er mer effektiv, er det større lagringskapasitet igjen til bestemte oppgaver. Baddeley ser disse komponentene derimot som to atskilte systemer. I deres modell blir prosesseringsfunksjonen støttet av de uavhengige lagringsfunksjonene som tilhører den fonologiske sløyfen og den visuospatiale skisseblokken. I Europa har man hovedsakelig fokusert på beskrivelsen av lagringskomponentene i

arbeidshukommelsen, som vil si den visuospatiale skisseblokken og den fonologiske sløyfen. Forskning i USA har imidlertid lagt vekt på arbeidshukommelsens rolle i komplekse kognitive oppgaver som leseforståelse og språkforståelse. De har også sett på i hvilken grad prestasjoner innenfor arbeidshukommelse kan predikere individuelle forskjeller ved ulike kognitive evner (Baddeley 1992; Andrade 2001a). Den amerikanske modellen tar ofte i bruk såkalte "Complex Span"-oppgaver for å måle arbeidshukommelsen. Man kan for eksempel teste "reading-span" der man leser setninger samtidig som man må huske det siste ordet i setningen. Baddeley og andre forskere anvender "Memory Span"-oppgaver. Disse hukommelsesspennoppgavene blir gjerne brukt til å måle korttidshukommelse og refererer til antall ord en person kan gjenta direkte etter at de har blitt sagt. Ordspenn og tallspenn (senere i oppgaven kalt ordrepetisjon og tallrepetisjon) er hukommelsesspennoppgaver og har til hensikt å måle omfanget av slavesystemene (Baddeley 1992; Hulme og Mackenzie 1992; Hulme og Roodenrys 1995).

Baddeley (1992) oppsummerer fordelene og ulempene ved begge modellene. I følge han har den enhetlige modellen lyktes med å beskrive styringsprosessene (ved hjelp av den sentrale styringsenheten) på en bedre måte enn multikomponentmodellen. Den kan dessuten anvendes direkte på praktiske problemområder som leseforståelse. En svakhet er at modellen støtter seg for mye på for lite konsise arbeidshukommelsesoppgaver. Dessuten egner disse oppgavene seg ikke til en detaljert analyse av prosessene som foregår i arbeidshukommelseskompontene. Multikomponentmodellen er anvendelig til å analysere og kartlegge slavesystemene. Den er imidlertid mer uklar når det gjelder å analysere den sentrale styringsenheten (ibid.) Andrade (2001b) og Baddeley og Hitch (2001) hevder at modellene nærmer seg hverandre mer og mer. Modellene kommer allikevel til å beholde sine ulikheter fordi de tar utgangspunkt i ulike empiriske problemer og teoretisk bakgrunn.

2.2.3 Baddeleys arbeidshukommelsesmodell

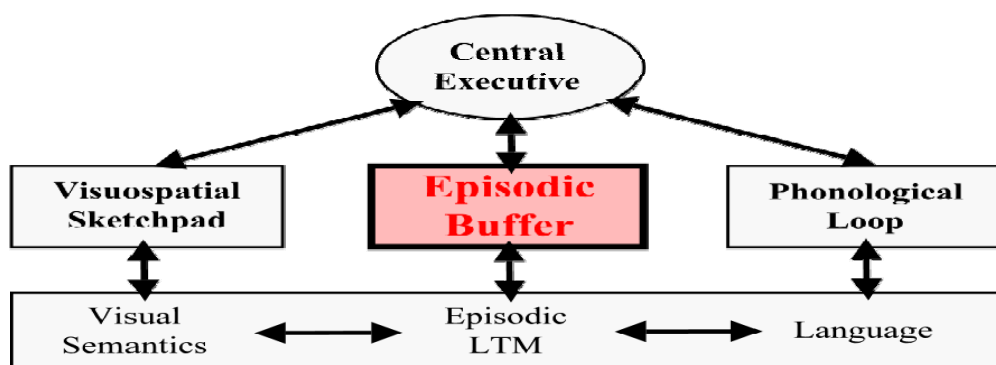
I 1974 hevdet Baddeley og Hitch i sin modell at arbeidshukommelse består av et system med tre komponenter: den sentrale styringsenheten som kontrollerer og styrer de to slavesystemene: den fonologiske sløyfen og den visuospatiale skisseblokken (Baddeley og Hitch 1974; Baddeley 1992; 2002). Opprinnelig ble denne modellen utviklet av Baddeley og Hitch men senere videreutviklet av Baddeley. Baddeley definerer arbeidshukommelse slik:

“The term working memory refers to a brain system that provides temporary storage and manipulation of the information necessary for such complex cognitive tasks as language comprehension, learning, and reasoning. “ (Baddeley 1992: 556).

De to hovedkomponentene i denne undersøkelsen er den fonologiske sløyfen og den sentrale styringsenheten og vil bli grundig redegjort grundig for i egne avsnitt. Nå følger en kort beskrivelse av hele modellen. Kort redegjort er den sentrale styringsenhetens rolle å kontrollere og styre informasjon som beveger seg mellom de forskjellige slavesystemene. Den visuospatiale skisseblokken antas å holde fast og manipulere visuospatial informasjon. Den spiller en viktig rolle i spatial orientering og ved løsning av visuospatiale problemer. Den fonologiske sløyfen holder fast og manipulerer fonologisk informasjon. Den kan også lagre visuelt presentert materiale som bilder, i det fonologiske lageret ved hjelp av det subvokale øvingssystemet. Den fonologiske sløyfen består av to komponenter: et passivt fonologisk lagringssystem og et subvokalt / talebasert øvingssystem (også kalt en aktiv artikulatorisk sløyfe). Baddeley påpeker at informasjon i det fonologiske lagringssystemet forsvinner etter cirka to sekunder hvis ikke informasjonen repeteres i det subvokale øvingssystemet (ibid.). For at innlæring skal skje, må individet med andre ord ha evne til å fastholde informasjonen i cirka 2 sekunder. I år 2000 introduserte Baddeley en fjerde komponent: den episodiske bufferen. Den er ansvarlig for forbindelsen mellom arbeidshukommelsens delkomponenter og langtidshukommelsen (ibid; Baddeley 2000).

I figur 1 vises Baddeleys nyeste modell for arbeidshukommelse.

Figur 1: Baddeleys nyeste versjon av arbeidshukommelsesmodellen (2002)



Det følger nå en nærmere presisering av to delkomponenter i Baddeleys arbeidshukommelsesmodell, den fonologiske sløyfen og den sentrale styringsenheten.

2.2.4 Den fonologiske sløyfen

Det finnes fire hukommelseksperimenter som ligger til grunn for Baddeleys påstand om at den fonologiske sløyfen inneholder et passivt lagringssystem og en et subvokalt øvingssystem. Det første forsøket er knyttet til å gi forsøkspersoner ulike ordspenntester, en med fonologisk distinkte og en med fonologisk like ord. Gjentatte undersøkelser viser at fonologisk distinkte ordlister er lettere å huske enn fonologisk like. Innenfor hukommelsesforskning er dette antatt som den fonologiske likhetseffekten. Dette kan forklares med at ordene blir lagret i korttidshukommelsen som talebaserte lyder, og ikke som begreper (Gathercole og Baddeley 1993; Baddeley 2000; Andrade 2001a; Wetterberg 2005). Baddeley (1986) påpeker at den fonologiske likhetseffekten synes å være en funksjon av det passive lageret. Det andre forsøket refererer til at det er vanskeligere å huske ord jo lengre de er og jo flere stavelser de har. Dette er avhengig av hvor fort man kan artikulere disse ordene i det subvokale øvingssystemet. Dette er antatt som ordlengdeeffekten (Gathercole og Baddeley 1993; Andrade 2001a; Wetterberg 2005). Baddeley (1986) påpeker at ordlengdeeffekten viser prosessen i det subvokale øvingssystemet som bare kan holde fast informasjon i ca. to sekunder. Det tredje forsøket refererer til at man, ved å be forsøkspersonen si et kort ord høyt om og om igjen, vanskeliggjør at informasjon som

skal huskes, repeteres i det subvokale øvingssystemet. Det er da vanskeligere å huske ordene. Dette er antatt som artikulatorisk suppresjon (Gathercole og Baddeley 1993; Andrade 2001a; Wetterberg 2005). Det fjerde forsøket henger sammen med at irrelevant tale, for eksempel et annet språk som høres i bakgrunnen, kan motarbeide hukommelse av en ordliste. Dette forklares med at det irrelevante materialet automatisk blir tatt opp i det fonologiske lageret og forstyrrer prosessen med å huske ordlisten. I hukommelsesforskning er dette referert til som irrelevant tale. (Gathercole og Baddeley 1993; Andrade 2001a).

Nevrologiske funn har også vært brukt for å definere den fonologiske sløyfen (Gathercole og Baddeley 1993). I 1970 beskrev Shallice og Warrington en pasient, KF, som hadde et hukommelsesspenn på to tall til tross for et relativt normalt fungerende språk og en godt fungerende langtidshukommelse. Pasienten husket et veldig begrenset antall ord i ordrepetisjonstester. Shallice og Warrington konkluderte med at KF hadde en alvorlig svikt i det fonologiske korttidslageret. Vallar og Baddeley forsket i 1984 på en pasient som tilsynelatende hadde en defekt fonologisk sløyfe (ibid.). Pasienten, PV, hadde fått et hjerneslag i den venstre hjernehalvdelen. På grunn av dette hadde hun en meget begrenset korttidshukommelse i forhold til verbalt materiale (hun husket cirka to enheter), men ellers en vanlig artikulasjonshastighet og et normalt fungerende språk. Vallar og Baddeley hevdet at PV ikke brukte det subvokale øvingssystemet for å holde fast auditiv informasjon eller omdanne visuelt presentert materiale i fonologiske enheter. Vallar og Baddeley mente at hennes fonologiske lager var svekket, og at dette var årsaken til at hun ikke tok i bruk det subvokale øvingssystemet. Disse undersøkelsene ble blant annet et grunnlag for påstanden om at den fonologiske sløyfen kan deles i to: et passivt lager og et subvokalt øvingssystem (ibid.).

Utviklingsstudier har også blitt brukt til å studere arbeidshukommelsen, den fonologiske sløyfen og den sentrale styringsenheten slik som Baddeley definerer det. Gathercole og Baddeley (1993) hevder at den fonologiske sløyfen er til stede og aktiv hos barn ifra førskolealder. I følge dem utvikler den seg spesielt på grunn av en

økning av hastigheten i det subvokale øvingssystemet gjennom årene. De begrunner dette med en undersøkelse som ble gjort av Hulme, Thomson, Muir og Lawrence i 1984 (ibid.). Der testet de ordspenn hos barn på 4, 7 og 10 år gamle, og voksne, der alle måtte gjenta en rekke med enstavelsesord og trestavelsesord. I tillegg målte man hastigheten av artikulasjonen ved de forskjellige ordene. Resultatene viste at hukommelsesprestasjonene øker med alder, og at alle var flinkere til å huske korte enn lange ord. Gathercole og Baddeley, og Hulme m.fl. mener at gjenkallelse og artikulasjonshastighet henger nært sammen. På grunn av dette gjenkaller eldre barn og voksne raskere enn yngre barn og klarer å huske flere enheter. Dette forklarer også hvorfor det tar lengre tid å huske og gjenkalle lengre enheter enn korte. Gathercole m.fl. (2004) har senere gjort en undersøkelse for å se på utviklingen av de forskjellige komponentene i arbeidshukommelsen hos barn fra 4 til 15 år. Undersøkelsen viser at arbeidshukommelsens komponenter er til stede hos barn i fra de er 6 år gamle. Dette gjelder også den fonologiske sløyfen. Den fonologiske sløyfen er imidlertid ikke helt ferdig utviklet før barn er 7 år, mindre barn har bare tilgang til det fonologiske lagringssystemet men ikke til det subvokale øvingssystemet.

2.2.5 Den sentrale styringsenheten

Synet på den sentrale styringsenhets oppgaver har forandret seg. Da Baddeley og Hitch presenterte modellen for arbeidshukommelse for første gang, ble den sentrale styringsenheten definert som et fleksibelt system med lagringsressurser og prosesseringsressurser (Baddeley 1996; Andrade 2001a). I 1986 begynte Baddeley å revurdere og spesifisere den sentrale styringsenhets rolle ved hjelp av "the Supervisory Activation System" (SAS), en modell som Norman og Shallice utviklet i 1980. Denne modellen baserte seg på oppmerksomhetskontroll. Baddeley hevdet at oppmerksomhet er en tilleggsfunksjon til den sentrale styringsenheten. Nyere undersøkelser tyder på at den sentrale styringsenheten er ansvarlig for styring, oppmerksomhetsskifte og -fordeling, strategivalg, fremhenting av informasjon fra langtidshukommelsen og såkalt "dual-task" koordinering: det vil si utføre flere

oppgaver samtidig. (Baddeley 1996; Baddeley 2002; Andrade 2001a; Wetterberg 2005).

Det finnes betraktelig færre empiriske undersøkelser vedrørende rollen og funksjonen av den sentrale styringsenheten enn av den fonologiske sløyfen (Baddeley 1992; Gathercole og Baddeley 1993; Andrade 2001a). Shallice og Burgess undersøkte i 1991 pasienter med en frontallapp og la frem resultater som pekte i retning av at den sentrale styringsenheten kan spille en sentral rolle ved planlegging av fremtidige oppgaver (Gathercole og Baddeley 1993). Det finnes også antagelser om at Alzheimer kan bli assosiert med spesifikke oppgaver til den sentrale styringsenheten. I den forbindelse undersøkte Becker i 1987 og Baddeley m.fl. i 1988 pasienter med Alzheimer som skulle utføre en visuell og en verbal oppgave hver for seg og samtidig. Det viste seg at disse pasientene hadde store vanskeligheter med å utføre oppgavene samtidig, men ikke med å utføre dem hver for seg. Dette styrket påstanden om at det er den sentrale styringsenheten som koordinerer oppgavene mellom den visuospatiale skisseblokken og den fonologiske sløyfen. Dette bekrefter også at komponentene i arbeidshukommelsen kan fungere atskilt så lenge de ikke må koordineres (Baddeley 1992).

Det finnes også utviklingsstudier av den sentrale styringsenheten (Gathercole og Baddeley 1993). Case m.fl. gjennomførte fire ulike undersøkelser av to generelle kognitive ressurser i arbeidshukommelsen: lagringsplassen og operasjonaliseringsplassen. Sammenlagt former disse i følge Case m.fl. den totale prosesseringsplassen. Et funn de gjorde var at prosesseringsplassen forblir den samme under oppveksten, men at eldre barn trenger mindre prosesseringsplass for å utføre intellektuelle oppgaver. Denne hypotesen innebærer at jo effektivere operasjonaliseringsplassen blir, jo større plass er det til lagring.

2.2.6 Baddeleys modell: styrker og svagheter

Andrade (2001b) viser til et antall styrker ved Baddeleys modell. For det første har modellen en bredde som gjør at den kan brukes i mange sammenhenger. Den

inneholder dessuten mange ulike sider, både auditoriske og visuospatiale elementer og tidsbegrenset lagring. I tillegg har modellen en egenart som gjør det lettere å avgrense når man fokuserer på bestemte områder. Modellen er veletablert innenfor kognitiv psykologi. Towse og Houston-Price (2001) mener at modellen har et sterkt teoretisk ståsted og at den kan forklare aspekter ved innlæringen av lesing, skriving og matematikk. De antyder også at arbeidshukommelsestester, empirisk sett, korrelerer høyt med evner hos barn og voksne.

Når det gjelder svakheter ved Baddeleys modell, mener Andrade (2001b) at noen av komponentene i modellen er for lite presisert. Dessuten hevder Andrade at sammenhengen mellom komponentene ikke er tilstrekkelig forklart. Dette medfører at det er vanskelig å forklare og forutse fenomener. Den største ulempen ved modellen er definisjonen av den sentrale styringsenheten og dens funksjoner. Towse og Houston-Price (2001) mener at det er nærmest umulig å forklare hvilke oppgaver den sentrale styringsenheten har. En grunn til dette er muligens at den sentrale styringsenheten har blitt tilskrevet for mange oppgaver. De foreslår at modellens, og spesielt den sentrale styringsenhetens rolle, bør bli mer spesifisert i fremtiden. May (2001) konstaterer at det vil bli nødvendig å identifisere oppgaver som viser at den sentrale styringsenheten arbeider på forskjellige måter, uten at dette berører slavesystemene og deres funksjon. May argumenterer for at problemet i modellen ligger i et fravær av et ordentlig skille mellom prosessering og lagringsressurser. Dessuten mener han at det finnes for lite detaljert kunnskap om hvordan den sentrale styringsenheten kommuniserer med slavesystemene.

Baddeley er enig i påstanden om at den sentrale styringsenheten har vært den minst nøyaktig spesifiserte komponenten i modellen (1996, 2002). Baddeley er også i tvil om man fremdeles kan betegne den som et helhetlig system, men mener allikevel at det foreløpig kan være nyttig å beholde den sentrale styringsenheten som et verktøy til å fokusere på oppmerksomhetens rolle og de mer tradisjonelle relasjonene mellom visuospatial og verbal arbeidshukommelse.

Den fonologiske sløyfen har også vært kritisert. Ward (2001) påpeker at Baddeleys modell ikke kan forklare nye funn angående "the recency-effect" (hvor mye man husker av en ordrekke som har blitt sagt etter at det har gått en viss tid). Baddeley mener at recency-effekten kan forklares ved hjelp av langtidshukommelse og ikke arbeidshukommelse. Ward mener derimot at likheten mellom ordrepetisjonsoppgaver (gjentakelse av ord direkte etter at de har blitt sagt) og "recency-oppgaver" er såpass stor, at det er usannsynlig å anta at disse to hukommelsesmekanismene er totalt uavhengige av hverandre. Baddeley (2002) erkjenner at modellen ikke har gitt en forklaring på hvorfor en ordrekke av innkommende sekvenser kan bli beholdt. Derfor la han til en komponent i modellen: den episodiske bufferen. På den måten kunne langtidshukommelsen integreres i arbeidshukommelsesmodellen (Baddeley 2000).

Lovatt og Avons (2001) kritiserer ordlengdeeffekten som et av bevisene for den fonologiske sløyfen. De hevder at direkte ordrepetisjon ikke henger sammen med tidsbegrenset glemsel. De stiller med andre ord spørsmål ved antagelsen om at ord forsvinner ut fra den fonologiske sløyfen hvis de ikke gjentas i det subvokale øvingssystemet. Hulme m.fl. gjorde en undersøkelse i 1991 der de sammenlignet hukommesspenn og artikulasjonshastighet for ord og nonord. Undersøkelsen viste at det er mye vanskeligere å huske en rekke med nonord enn en rekke med vanlige ord. Dette kan ikke forklares ved hjelp av ordlengdeeffekten da nonordene kan artikuleres like fort i det subvokale øvingssystemet. Det synes imidlertid å være en sammenheng mellom ordene og leksikal informasjon i langtidshukommelsen (Hulme og Roodenrys 1995).

2.3 Arbeidshukommelsen, intelligens og kognitive ferdigheter

Det finnes flere studier som viser en sterk sammenheng mellom arbeidshukommelse og intelligens, også kalt generell intelligens, *g*. Det har vært hevdet at arbeidshukommelse og intelligens nærmest er like begreper (Ackerman m.fl. 2005; Colom m.fl. 2005). I følge Ackerman m.fl. (2005) er denne sammenhengen imidlertid

mer kompleks enn tidligere antatt. I deres undersøkelse kom det frem at korrelasjonene mellom arbeidshukommelse og generell intelligens ikke er så høye som tidligere antatt. Det er også blitt hevdet at tester som måler korttidshukommelse korrelerer mindre høyt med intelligens enn tester som måler arbeidshukommelse (Colom m.fl. 2005). Colom m fl (2005) undersøkte forholdet mellom korttidshukommelse, arbeidshukommelse og intelligens nærmere. Resultatene viser at arbeidshukommelse og generell intelligens nærmest er overlappende fenomener, men at denne sammenhengen blir mye mindre hvis man tar bort lagringskomponenten og at både korttidshukommelse og arbeidshukommelse predikerer generell intelligens.

Det har blitt gjort noen undersøkelser for å belyse sammenhengen mellom arbeidshukommelse og kognitive ferdigheter. Gathercole og Pickering (2001b) har undersøkt hvordan arbeidshukommelse fungerer hos barn med lærevansker. De tok utgangspunkt i et mangfold av undersøkelser som har vist at kapasiteten av arbeidshukommelsen har viktige forutsetninger for læreevner og innlæring av nye ferdigheter. De hevder at spesielt den sentrale styringsenheten spiller en essensiell rolle. De tok i bruk en foreløpig versjon av The Working Memory Test Battery for Children som besto av 13 deltester. Utvalget besto av 57 barn mellom 7 og 8 år. Resultatene viste at samtlige komponenter i arbeidshukommelsen var svekket hos barna med lærevansker, men at dette gjaldt hovedsakelig den sentrale styringsenheten, og i mindre grad den fonologiske sløyfen. Deres anbefaling er å ta i bruk testen når man ønsker å kartlegge hvilke barn som er i faresonen for å utvikle lærevansker og ha behov for spesialundervisning. Denne undersøkelsen støtter antagelsen om at arbeidshukommelse, spesielt den sentrale styringsenheten, henger sammen med kognitive evner.

Hulme og Roodenrys (1995) viser til at barn med en IQ lavere enn 50, skårer lavt på oppgaver som måler korttidshukommelse. De forklarer dette med at disse barna kan ha vanskeligheter med å ta i bruk det subvokale øvingssystemet selv om den fonologiske sløyfen fungerer. De fremhever samtidig at det er fullt mulig å ha en begrenset korttidshukommelse men en høy IQ. De konkluderer med at kun

korttidshukommelsesvansker ikke trenger å ha store konsekvenser for andre aspekter av kognitiv utvikling. Hulme og Mackenzie (1992) påpeker at hukommelsesspenn viser en gradvis økning med alder. Derfor utviklet tallspenn seg til å være en brukbar indeks på mental kapasitet. Tallspenn blir fremdeles brukt i Wechsler Intelligenstestene (WISC) og andre intelligenstester.

Et annet sentralt spørsmål i dette masterprosjektet er hvordan den fonologiske sløyfen og den sentrale styringsenheten henger sammen med intelligens. Connors m.fl. (1998) ønsket å finne ut om den fonologiske sløyfen er ansvarlig for intelligensrelaterte forskjeller i "tallrepetisjon". De sammenlignet en gruppe med barn med en IQ lavere enn 76 med en gruppe barn med en IQ høyere enn 88. De testet dem med en kort versjon av WISC og "tallrepetisjon" og fant en signifikant forskjell. Det viste seg imidlertid at denne intelligensrelaterte forskjellen i "tallrepetisjon" i mye større grad var avhengig av kapasiteten i den sentrale styringsenheten enn av kapasiteten i den fonologiske sløyfen. Signifikansforskjellen forsvant da mål på den sentrale styringsenheten ble brukt som kontrollvariabel. Connors m.fl. forklarer dette med at den sentrale styringsenheten blir tatt i bruk når den fonologiske sløyfen blir overbelastet. Resultatene i denne undersøkelsen tyder på at sammenhengen mellom den sentrale styringsenheten og intelligens er større enn mellom den fonologiske sløyfen og intelligens. Dette stemmer overens med funn som Gathercole og Pickering (2001b) gjorde, der mål på den sentrale styringsenheten henger sammen med kognitive ferdigheter.

Andrade (2001b) diskuterer relasjonen mellom den sentrale styringsenheten og andre kognitive systemer. Andrade beskriver dette slik:

"(...) Not knowing which processes are functions of the central executive and which are functions of cognitive systems outside working memory exacerbates the problem of determining causality (...), that is the problem of determining whether working memory function contributes to the development of other cognitive functions or whether those other cognitive functions determine the level of working memory performance". (Andrade 2001b: 284).

Det er med andre ord vanskelig å bedømme hvilke funksjoner som tilhører den sentrale styringsenheten og hvilke funksjoner som tilhører andre kognitive systemer, og hva som påvirker hva i denne sammenhengen. Andrade hevder også at det har

vært vanlig å tilskrive den sentrale styringsenheten kognitive funksjoner når de ikke kunne forklares ved hjelp av den fonologiske sløyfen eller den visuospatiale skisseblokken.

2.4 Sammenhengen mellom den fonologiske sløyfen, den sentrale styringsenheten og matematikk

Det finnes en rekke studier som har forsket på sammenhengen mellom språk og arbeidshukommelse. Dette gjelder i mindre grad for sammenhengen mellom matematikk og arbeidshukommelse, spesielt i Norge. Det vil nå gåes nærmere inn på sammenhengen mellom den fonologiske sløyfen, den sentrale styringsenheten og matematikk. Matematikk består av et mangfold av komplekse og sammensatte ferdigheter. I dette masterprosjektet prioriteres undersøkelser som vektlegger sammenhengen mellom arbeidshukommelse og matematikk og ikke empiri som bare vektlegger matematikk. Først redegjøres denne sammenhengen generelt og deretter mer spesifikt ved hjelp av et antall undersøkelser som har blitt gjort.

Holm (2002) beskriver årsaksforklaringer i forhold til matematikkvansker som kan deles inn i kognitive, pedagogiske, nevropsykologiske og emosjonelle faktorer. Hukommelsesvansker, deriblant vansker som omfatter arbeidshukommelsen, faller under kognitive årsaksfaktorer. Også Geary og Hoard (2003) omtaler svikt i arbeidshukommelsen som mulig årsak til matematikkvansker og baserer seg blant annet på undersøkelser gjort av Geary, Hitch og McAuley, Ostad og Bull m.fl.. På grunnlag av disse studier hevder Geary og Hoard at arbeidshukommelsen støtter et mangfold av numeriske og matematiske prosesser. Vansker i arbeidshukommelsen kan variere fra problemer med å representere visuospatial eller fonologisk materiale, til problemer i den sentrale styringsenheten, for eksempel å fordele oppmerksomhet eller hente frem informasjon fra langtidshukommelsen. Svikt i arbeidshukommelsen kan i følge dem blant annet resultere i uhensiktsmessig strategivalg. Geary og Hoard forklarer dette ved hjelp av Baddeleys modell. Som første steg i en problemløsning, blir tallord lagt inn i den fonologiske arbeidshukommelsen. Hvis det er vanskelig å

aktivere fonologisk informasjon fra langtidshukommelsen (for eksempel tallord og aritmetiske fakta), kan dette resultere i vanskeligheter med å hente frem informasjon (ibid.).

Fürst og Hitch (2000) har sett på de ulike rollene som henholdsvis den fonologiske sløyfen og den sentrale styringsenheten spiller ved hoderegning. De tok i bruk ”dual-task”-metoden ved hjelp av to eksperimenter. De kom frem til at den fonologiske sløyfen tas i bruk når midlertidig informasjon i forhold til en utregning skal holdes fast og lagres. Den sentrale styringsenheten anvendes når man må utføre flere oppgaver samtidig. Dette er aktuelt når man ”har tall i mente” eller ”låner”, fordi dette krever mye av den sentrale styringsenheten.

I følge Lillestølen (1996) tas den fonologiske sløyfen i bruk når eleven skal lære seg gangetabellen og andre fonologiske sekvenser, som de faste kombinasjonene i tiervennene (addisjon og subtraksjon). Ostad (2003) påpeker også at den fonologiske sløyfen anvendes når informasjon må fastholdes over lengre tid, som for eksempel ved kompliserte utregninger. Han baserer seg på undersøkelser som viser at aritmetiske basisenheter ofte lagres fonologisk. Det finnes også forskning som hevder at den fonologiske sløyfen tas i bruk når informasjon skal hentes frem fra langtidshukommelsen (Holmes og Adams 2006). Den fonologiske sløyfen er i denne sammenhengen viktig ved effektiv bruk av ”retrieval”-strategier, muligens gjennom å hente frem tallfakta fra langtidshukommelsen (ibid, Ostad 2003). Van der Sluis m.fl. påpeker at barn anvender den fonologiske sløyfen når de skal huske tall i matematiske prosesser. Den sentrale styringsenheten spiller derimot en rolle ved *”initiating, directing, and monitoring of procedures in complex arithmetic problems”* (van der Sluis m.fl. 2005: 208). Geary påpeker at svikt i arbeidshukommelsen kan føre til mangelfull utvikling av langtidshukommelsesrepresentasjoner av grunnleggende matematiske fakta (van der Sluis m.fl. 2005).

Den fonologiske sløyfen og den sentrale styringsenheten blir brukt ved løsning av verbalt-matematiske oppgaver. Passolunghi og Siegel fant ut at barn i fjerde klasse i England som er dårlige i problemløsningsoppgaver, ofte har vansker med oppgaver

innenfor arbeidshukommelsestester som går på omfanget av den sentrale styringsenheten og den fonologiske sløyfen (Rasmussen m.fl. 2005). Swanson og Sachse-Lee fant ut at mål på blant annet den fonologiske arbeidshukommelsen, kan forutse hastigheten ved løsning av matematikkoppgaver hos barn med lærevansker (ibid.). Bull og Scerif (2001) viste ved hjelp av en undersøkelse at flere arbeidshukommelsestester som hadde til hensikt å måle den sentrale styringsenheten, kunne forutse matematikkprestasjoner hos barn på syv år.

Sammenfattet støtter en rekke undersøkelser at det er sammenheng mellom arbeidshukommelse og matematikkprestasjoner.

Det vil nå følge en presentasjon av de mest relevante undersøkelsene som har blitt gjort i forhold til temaet i dette masterprosjektet. Tross delvis likhet i konklusjoner, er det stor variasjon med hensyn til utvalg, metode og prosedyre. Det er imidlertid hensiktsmessig å se dette masterprosjekt i et bredere perspektiv og å kunne sammenligne resultatene. Det vil spesielt bli lagt vekt på arbeidshukommelsestester som også blir brukt i denne undersøkelsen: “tallrepetisjon”, “baklengs tallrepetisjon” og “ordrepetisjon”.

Hulme og Roodenrys (1995)

Hulme og Roodenrys viser til et par undersøkelser som har sett på sammenhengen mellom matematikk og arbeidshukommelse. Utvalget besto av barn med matematikkvansker som ikke hadde andre lærevansker. Den første er en undersøkelse som Siegel og Ryan utførte i 1989. Der brukte de en oppgave der barn skulle fullføre setninger samtidig som de skulle huske alle ord på slutten av oppgaven. I den andre oppgaven skulle barna telle gule prikker på et antall kort og deretter gjenta hvor mange prikker de hadde telt på de forskjellige kortene. Siegel og Ryan fant ut at barn med spesifikke matematikkvansker som hadde samme IQ som kontrollgruppen, skåret dårligere på telleoppgaven, men ikke på oppgaven som inneholdt andre former av språk. Dette kan i følge dem forklares med at barna ikke nødvendigvis har en svekket arbeidshukommelse, men snarere vanskeligheter med prosesser som har med

tall i arbeidshukommelsen å gjøre. Hitch og McAuley (1991) forsket nærmere på dette og fant ut at barn med matematikkvansker faktisk har spesifikke problemer med å arbeide med tall. En mulig forklaring er at dette kan skyldes en forsinkelse i fremhenting av tallrepresentasjoner i langtidshukommelsen. At disse barna har vanskeligheter med arbeidshukommelsesoppgaver, synes å være et sekundært problem i følge Hitch og McAuley. Videre viste resultatene at barn med matematikkvansker har en svekket sentral styringsenhet.

McLean og Hitch (1999)

I denne undersøkelsen besto utvalget av 120 barn i en alder av 9 år med spesifikke matematikkvansker, men uten lese- og skrivevansker. Kontrastgruppen besto av jevnaldrende med samme kognitive evner. Barna ble testet ved hjelp av ti forskjellige tester hvorav fire hadde til hensikt å måle omfanget av den fonologiske sløyfen, blant annet "tallrepetisjon" i WISC-R og en "nonord"-repetisjonstest. Når det gjaldt omfanget av den sentrale styringsenheten, ble det tatt seks ulike tester, men ikke "baklengs tallrepetisjon". Alle barn ble testet med en standardisert matematikktest og en standardisert lesetest.

Resultatene viste at barn med spesifikke matematikkvansker hadde noe svekket arbeidshukommelseskapasitet, dog ikke på alle områder. Gruppen som besto av barn med spesifikke matematikkvansker, skåret signifikant lavere på seks av de ti deltestene av arbeidshukommelsen enn kontrastgruppen. Skårene på "tallrepetisjon" var nesten signifikant lavere for denne gruppen. I følge McLean og Hitch betyr dette resultatet ikke nødvendigvis at kapasiteten i den fonologiske sløyfen er svekket fordi deltesten "nonord-repetisjon" ikke var signifikant lavere. De mener derimot at grunnen kan være vanskeligheter med å huske tall. De konkluderer med at årsaken til matematikkvanskene blant annet kan skyldes kapasiteten til den sentrale styringsenheten.

Rasmussen og Bisanz (2005)

I undersøkelsen deltok totalt 63 barn, 24 i førskolen og 29 i første klasse i Canada (i alderen 5 til 7 år). Barna måtte løse et antall matematiske oppgaver som var delt inn i verbale og nonverbale oppgaver. De verbale oppgavene besto av oppgaver som ble lest høyt av testlederen, og de nonverbale oppgavene ble presentert visuelt med klosser. I tillegg til disse oppgavene ble det gjennomført et antall arbeidshukommelsestester som blant annet omfattet deltestene “tallrepetisjon” og “baklengs tallrepetisjon”. De tilføyer at den sistnevnte deltesten ikke bare tester omfanget av den sentrale styringsenheten, men også omfanget av den fonologiske sløyfen. Testen krever nemlig også verbal repetisjon av tall.

Resultatene viser at førskolebarna presterte bedre på de nonverbale enn de verbale oppgavene, mens de eldste barna presterte bedre på de verbale oppgavene. Dette kan forklares med at mindre barn ofte bruker den visuospatiale arbeidshukommelsen, i motsetning til eldre barn, som oftere tar i bruk den fonologiske arbeidshukommelsen. Hos de eldste barna var både “tallrepetisjon” og “baklengs tallrepetisjon” årsaken til den høye variansen i de verbale matematikkoppgavene. Rasmussen og Bisanz konkluderer med at den fonologiske arbeidshukommelsen hos skolebarn skiller de med velutviklede verbale matematikkferdigheter fra de med de dårlig utviklede verbale matematikkferdigheter. De argumenterer for at forholdet mellom matematikk og arbeidshukommelse er avhengig av hvilke typer matematikkoppgave, og hvilke komponenter innenfor arbeidshukommelser som anvendes i testingen. I tillegg kommer det an på hvor gammelt et barn er når det løser oppgaver. Denne undersøkelsen står i kontrast til andre undersøkelser som antar at forholdet mellom arbeidshukommelse og matematikkferdigheter er endimensjonalt.

Rasmussen og Bisanz påpeker at det kan være flere faktorer som gjør det komplisert å sammenligne denne med andre undersøkelser. For det første har det blitt brukt ulike tester for å måle kapasiteten av arbeidshukommelsen. For det andre har det blitt brukt ulike tester som måler matematikkferdigheter hos barn. I mange undersøkelser har forskeren tatt utgangspunkt i generelle matematikkferdigheter, ofte gjennom å dele

inn utvalget i to kontrastgrupper: barn med lave og barn med høye matematikkprestasjoner på grunnlag av standardiserte tester. Rasmussen og Bisanz hevder imidlertid at dette kan være uhensiktsmessig fordi matematikk er et mangesidig fag, og matematikk kan variere i type og kompleksitet. Derfor mener de at man bør sammenligne spesifikke typer av matematikk med spesifikke komponenter i arbeidshukommelsesmodellen. De deler derfor inn matematikkferdigheter i verbale og nonverbale matematikkferdigheter.

Van der Sluis m.fl. (2005)

I denne undersøkelsen besto utvalget av totalt fire ulike grupper: barn med lese- og skrivevansker, barn med matematikkvansker, barn med både lese-, skrive- og matematikkvansker og en kontrollgruppe på samme alder. Samme undersøkelsen ble utført to ganger, første gang deltok 57 barn og andre gang 76 barn. Første gangen deltok alle grupper, unntatt den med barn med bare matematikkvansker. Den andre gangen deltok denne gruppen i tillegg til de andre tre gruppene. Denne undersøkelsen skiller seg fra andre undersøkelser, da det ofte ikke gjøres forskjell på barn med bare lese- og skrivevansker og barn med lese-, skrive- og matematikkvansker. Dette er allikevel et viktig aspekt fordi forekomst av matematikk- og lese- og skrivevansker har en høy comorbiditet. Samtlige barn ble testet ved hjelp av standardiserte lese- og matematikktester og generelle evneprøver da intelligens ble brukt som kontrollvariabel. Barna ble testet med 5 arbeidshukommelsestester deriblant “tallrepetisjon” og “baklengs tallrepetisjon” tatt fra WISC-R. Resultatene viser at gruppen som besto av barn med både lese- og skrivevansker og matematikkvansker, skåret signifikant lavere på deltesten “baklengs tallrepetisjon”. Dette gjaldt ikke for gruppen med bare matematikkvansker. Dette blir forklart med at dårlige resultater på “baklengs tallrepetisjon” kan skyldes en begrenset kapasitet av den fonologiske sløyfen. Fordi denne komponenten ikke var svekket hos barna med bare matematikkvansker i denne undersøkelsen, var ikke heller ”baklengs tallhukommelse” signifikant lavere hos barn med bare matematikkvansker.

Holmes og Adams (2006)

Denne undersøkelsen tok i bruk akkurat samme testbatteri som dette masterprosjektet, nemlig The Working Memory Test Battery for Children (WMTB-C). Totalt deltok 148 barn delt inn i to aldersgrupper - barn på 8 og barn på 9 år. Matematikkprøven var basert på "The National Curriculum for England", og testet ferdigheter på fire matematikkområder. Intelligens ble ikke brukt som kontrollvariabel. Resultatene viser en signifikant sammenheng mellom barns prestasjoner på WMTB-C og deres matematikkprestasjoner. Holmes og Adams fant også at Baddeleys modell (uten den episodiske bufferen) forklarte 27,7 % av variansen i barnas matematikkskårer, noe som synes å være en signifikant prediksjon for matematikkferdigheter. De tar også opp spørsmålet om det er kognitive evner som står bak prestasjoner i arbeidshukommelsen, men hevder at arbeidshukommelsen som faktor i seg selv allikevel spiller en rolle i barns arbeid matematikk.

De kommer frem til at skårene i forhold til den visuospatiale skisseblokken og den sentrale styringsenheten i denne undersøkelsen kunne predikere en unik varians i barnas matematikkferdigheter. Dette gjaldt ikke for skårene i forhold til den fonologiske sløyfen. Men i følge Holmes og Adams har disse skårene betydning for den symbolsk-lingvistiske matematikken og strategivalg, fordi begge er basert på verbale koder. Da det ikke ble kontrollert for alder, fantes det en signifikant sammenheng mellom skårene av den fonologiske sløyfen og barnas matematikkprestasjoner. Dette indikerer at eldre barn bruker den fonologiske sløyfen ved oppgaver som inneholder hoderegning fordi dette bare ble testet hos de eldste barna, og var det eneste området der matematikkoppgavene ble presentert auditivt. Holmes og Adams tilføyer at barn på 9 og 10 år begynner å støtte seg på den fonologiske sløyfen ved løsning av lette matematikkoppgaver. Dette kan begrunnes med at de tar i bruk direkte "retrieval"-strategier som omfatter verbale koder. De konkluderer med at den fonologiske sløyfen er viktig ved effektiv bruk av "retrieval"-strategier, muligens gjennom å hente frem nummerfakta fra langtidshukommelsen.

2.5 Problemstillinger

Gjennomgang av forskningen på arbeidshukommelse og matematikk indikerer at det finnes en sammenheng mellom henholdsvis den fonologiske sløyfen, den sentrale styringsenheten og matematikkprestasjoner hos barn (Hulme og Roodenrys 1995; McLean og Hitch 1999; Fürst og Hitch 2000; Gathercole og Pickering 2000; Rasmussen og Bisanz 2005; van der Sluis m.fl. 2005; Holmes og Adams 2006). Også generelle evner henger sammen med arbeidshukommelsen (Hulme og Mackenzie 1992; Gathercole og Pickering 2001b; Geary og Heard 2003; Numminen 2002; van der Sluis m.fl. 2005). Det kan imidlertid være vanskelig å skille mellom arbeidshukommelsens påvirkning på matematikkprestasjoner, og påvirkningen av andre kognitive systemer på matematikkprestasjoner. Grunnen til dette er blant annet at de fleste undersøkelsene som har blitt gjort på dette området, er korrelasjonsstudier og ikke longitudinelle eller eksperimentelle studier. Korrelasjonsstudier kan ikke forklare årsakssammenhenger.

Det er ingen norske undersøkelser som belyser sammenhengen mellom arbeidshukommelse og matematikkprestasjoner og eventuelle andre faktorer som intelligens. Det er derfor interessant å se om resultatene fra dette masterprosjektet samsvarer med teori og empiri fra utlandet som ble presentert i teorikapittelet.

Undersøkelsen har følgende problemstillinger:

1. Hva karakteriserer sammenhengen mellom den fonologiske sløyfen og matematikkprestasjoner?
2. Hva karakteriserer denne sammenhengen når man kontrollerer for intelligens?
3. Hva karakteriserer sammenhengen mellom den sentrale styringsenheten og matematikkprestasjoner?
4. Hva karakteriserer denne sammenhengen når man kontrollerer for intelligens?

5. Hva karakteriserer sammenhengen mellom arbeidshukommelsen, matematikkprestasjoner og intelligens?

3. Metode

3.1 Design og gjennomføring

Under analyse av materialet har forståelsen vært forankret i Baddeleys teori om arbeidshukommelsen. Intensjonen er som nevnt tidligere å se på sammenhengen mellom henholdsvis omfanget av den fonologiske sløyfen, den sentrale styringsenheten og matematikkprestasjoner. På grunnlag av dette har det vært hensiktsmessig å ha en kvantitativ tilnærming til feltet. Undersøkelsen har et ikke-eksperimentelt design ettersom det ikke har blitt foretatt intervensjon (Lund 2002a). I tillegg til dette kan man også betegne denne undersøkelsen som et kausalt komparativt design. Gall m.fl. definerer dette som følgende:

"The causal-comparative method is a type of quantitative research that seeks to discover possible causes and effects of a behavior pattern or personal characteristic by comparing individuals in whom it is present with individuals in whom it is absent or present to a lesser degree." (Gall m.fl. 1996: 380).

I denne undersøkelsen finnes det to kontrastgrupper der gruppe 1 kan betraktes som gruppen der individene har mindre høye matematikkferdigheter sammenlignet med gruppe 2 der individene har høyere matematikkferdigheter. Slike undersøkelser blir av og til betegnet som "ex post facto-undersøkelser" fordi man i etterkant studerer hvilken årsak effekter har hatt på variablene. Gall m.fl. tilføyer at mange faktorer i skolen ikke egner seg til eksperimenter og at det derfor er hensiktsmessig å bruke et kausalt komparativt design. Ulempen er imidlertid at det er vanskelig å mene noe om kausalitet på basis av datamaterialet. Det skyldes at det ofte er flere variabler som påvirker resultatene (ibid.)

3.2 Utvalg og utvalgsprosedyrer

Jeg valgte å samle inn data sammen med en medstudent for å få mulighet til å ha et større utvalg. Vi henvendte oss til to skoler på Østlandet. Gjennom rektor og

assisterende rektor ble det tatt kontakt med kontaktlærere i fire klasser på 5. trinn. Det oppsto ikke frafall underveis. Elevene var mellom 10 og 11 år.

3.2.1 Utvalgskriterier

Det finnes flere grunner til at 5. trinnet ble valgt. Før det første har Gathercole m.fl. (2004) vist at den fonologiske sløyfen ikke er helt ferdig utviklet før barn er 7 år; mindre barn har bare tilgang til det fonologiske lagringssystemet men ikke til det subvokale øvingssystemet. Derfor besto utvalget av barn som er eldre enn 7 år.

For å se på sammenhengen mellom matematikkprestasjoner og arbeidshukommelse, må barn ha tilegnet seg grunnleggende matematikkferdigheter. For å få innsikt i disse ferdighetene, var det hensiktsmessig å finne en kartleggingsprøve som allerede var gjort. Den nasjonale prøven 2005 i matematikk for 4. trinn som ble gjennomført våren 2005, egnet seg til dette formålet. L97 tilsier at barn på 4. trinn bør ha tilegnet seg en del grunnleggende matematikkferdigheter. Matematikkferdighetene blir delt inn i tre områder: matematikk i dagliglivet, tall og rom og form. I opplæringen i forhold til tall skal eleven blant annet ha arbeidet med metoder for å addere og subtrahere flersifrede tall i hodet og på papir. Eleven skal også ha arbeidet mer med multiplikasjon og divisjon, og med å utvikle varierte metoder ved hoderegning. Dette tyder på at eleven bør ha tilegnet seg de fire regneartene. I tillegg til dette, skal eleven ha arbeidet med matematikk i dagliglivet og med rom og form (Kirke- utdannings- og forskningsdepartementet 1997).

Fordelen med den nasjonale prøven er at den er lik for alle og at alle elever har gjennomført den. Gjennom å bruke prøvens resultater, var det mulig å dele inn utvalget i to kontrastgrupper: elever med lave matematikkprestasjoner og elever med høye matematikkprestasjoner. Det ble valgt å ikke se på eldre elever fordi antall elever med emosjonelle vansker i forhold til matematikkfaget, kan være betraktelig større på for eksempel ungdomstrinnet. Dette ville kunne gi større vanskeligheter i selve utredningen.

Klassene ble valgt fordi vi hadde kjennskap til skolene. Det er imidlertid usikkert om skolene kan betraktes som representative med hensyn til sosio-økonomisk bakgrunn og faglige ferdigheter. Skolene ligger i et bestemt område på Østlandet der mange foresatte kan sees som relativt ressurssterke. Det er imidlertid en fordel at skolene er like med hensyn til sosio-økonomisk bakgrunn fordi resultatene fra begge skolene kan ha blitt mer homogene, noe som er en fordel for den statistiske styrken (Lund 2002a).

3.2.2 Utvalgsprosedyre

Undersøkelsen ble gjennomført i januar og begynnelsen av februar 2006. Først tok medstudenten og jeg kontakt med skolene via rektor. Det ble sendt en e-post med informasjon om prosjektet, og i et møte med klassestyrene ble vårt opplegg forklart nærmere. På grunnlag av den nasjonale prøven i matematikk tatt våren 2005, ble det valgt ut to kontrastgrupper. Klasselæreren trakk ut 5 elever med lavest skåre og 5 elever med høyest skåre. Totalt ble det testet 20 elever med lavest skåre og 20 elever med høyest skåre. Denne inndelingen er relativ ettersom skårene varierer fra skole til skole og klasse til klasse. Elevene skulle ikke ha kjente tilleggsvansker (utviklingshemning, ADHD og norsk som andrespråk). Det ble imidlertid ikke satt noen krav til fravær av lese- og skrivevansker. I etterkant ble testingen gjennomført med to barn som var tospråklige. Etter skjønnsmessig vurdering har dette antagelig ikke påvirket resultatene, fordi elevene har bodd i Norge siden de var små og behersker norsk som morsmål. Lærer innhentet samtykke fra foresatte gjennom brev forfattet av oss. I brevet ble foresatte informert om prosjektet, samtidig som de kunne krysse av om deres barn fikk være med i undersøkelsen. Etter at vi sendte ut brev til foresatte, var det ingen foreldre som reserverte seg fra å delta i prosjektet (vedlegg 1).

Vi kom frem til at den individuelle testingen ikke burde overskride én skoletime. Ved hjelp av fire pilottester fant vi ut hvor lang tid vi kom til å bruke. Den totale testen tok mellom 45 og 50 minutter, avhengig av hvor langt eleven kom i de forskjellige deltestene.

3.3 Instrumenter

Elevene ble valgt ut på grunnlag av den nasjonale prøven 2005 i matematikk for 4. trinn. Hver elev ble testet individuelt ved hjelp av ulike deltester innenfor The Working Memory Test Battery for Children (WMTB-C) og to deltester av WISC-III. I tillegg til deltestene som skal beskrives nå, ble det også tatt to deltester for å måle omfanget av den visuospatiale skisseblokken. Disse resultatene er blitt brukt av medstudenten. Det skal nå følge en beskrivelse av de forskjellige instrumentene brukt i dette prosjektet.

3.3.1 Den nasjonale prøven 2005 i matematikk for 4.trinn

Den nasjonale prøven 2005 i matematikk for 4. trinn består av en blanding av 20 ferdig oppstilte oppgaver og tekstoppgaver (Utdanningsdirektoratet 2005, Matematikksenteret 2005). Prøven skal teste grunnleggende ferdigheter i matematikk. Oppgavene omhandler tre kompetanseområder. For det første representasjoner, symbolbruk og formalisme; videre matematisk resonnement, tankegang og kommunikasjon, og til slutt matematisk anvendelse, problembehandling og modellering. Lie m.fl. (2005) mener at prøven generelt har en høy validitet i forhold til læreplanen for matematikk og for 4. trinn spesielt. Dette er spesielt sentralt for dette masterprosjektet da man ser på sammenhengen mellom matematikkprestasjoner og arbeidshukommelse. Det fantes imidlertid ikke anledning til å teste barnas matematikkprestasjoner på egen hånd. Derfor ble det tatt utgangspunkt i en prøve som allerede var gjennomført.

3.3.2 The Working Memory Test Battery for Children

Denne testen har til hensikt å måle omfanget av den fonologiske sløyfen, den visuospatiale skisseblokken og den sentrale styringsenheten. I dette masterprosjektet ble det brukt tre deltester av The Working Memory Test Battery for Children (Gathercole og Pickering 2001a). Deltestene "tallrepetisjon" og "ordrepetisjon" har

til hensikt å måle omfanget av den fonologiske sløyfen og deltesten “baklengs tallrepetisjon” omfanget av den sentrale styringsenheten.

Testene er organisert etter hukommelsespennprosedyren. Hukommelsesspenn refererer til antall tall eller ord en person kan gjenta direkte i riktig rekkefølge etter at de har blitt sagt. Hver av deltestene avsluttes etter at eleven ikke klarer å huske på et bestemt nivå. Alle deltestene innledes med en forklaring og en serie med øvingsoppgaver. Øvingsoppgavene kan, til forskjell fra testoppgavene, gjentas og eventuelt kan testleder gi riktig svar til eleven. Testoppgavene på hver deltest er arrangert i blokker. Hver blokk inneholder seks testoppgaver som er på samme vanskelighetsnivå. Eleven må gjenta fire av testoppgavene korrekt for å gå videre til neste blokk. Dersom eleven svarer riktig på de fire første testoppgavene, hopper man over testoppgave 5 og 6 og gir barnet full pott. Dersom eleven svarer feil på en av de 4 første testoppgavene, gjennomføres også testoppgave 5. Hvis barnet svarer riktig, hopper man over testoppgave 6 og gir barnet full pott. Hvis barnet svarer feil på testoppgave 5, gjennomføres også testoppgave 6. Testen blir avsluttet når barnet avgir tre ukorrekte svar i en blokk med oppgaver (Gathercole og Pickering 2001a). Responsene blir notert i skåringsprotokollen.

I deltesten “tallrepetisjon” sier testleder tallene med et sekunds mellomrom. Det er viktig at tallene sies i en monoton tone, og at mellomrommet mellom tallene er akkurat lik. Eleven repeterer tallsekvensen i samme rekkefølge. Dersom barnet klarer alle øvingsoppgaver, går testlederen videre med tre tall i testoppgavene.

I deltesten “ordrepetisjon” sier testleder sekvenser med enstavelsesord med et sekund mellom hvert ord. Barnet gjentar ordsekvensen i samme rekkefølge. Dersom barnet klarer alle øvingsoppgaver, går testlederen videre med tre tall i testoppgavene.

I “baklengs tallrepetisjon” sier testleder en tallrekke med et sekunds pause mellom hvert tall. Eleven gjentar rekken baklengs. Her øver testlederen først med to tall og deretter følger allerede testoppgavene med to tall. Etter at barnet har klart disse, følger øvingsoppgavene med tre tall og så testoppgavene med tre tall. Denne

oppgaven betraktes som den vanskeligste av de tre deltestene brukt i denne undersøkelsen. Totalt tar disse tre testene cirka 14 minutter.

3.3.3 WISC-deltestene: Ordforståelse og Terningmønster

WISC-III er en standardisert generell evneprøve for barn mellom 7 og 15 år (Wechsler 1991). Den inneholder kognitive oppgaver delt inn i to grupper: verbale oppgaver og utføringsoppgaver. Testen består av tolv ulike delprøver hvorav ti er obligatoriske og to valgfrie. I dette prosjektet er WISC-III brukt som en kontrollvariabel. For å måle barnas generelle ferdigheter i dette prosjektet, er det kun blitt brukt en kort versjon av WISC-III, en såkalt Brief WISC. Brief WISC-III besto av to deltester: “ordforståelse” (verbal) og “terningmønster” (utføring). Disse testene har en bra reliabilitet, korrelerer høyt med den fulle skalaen og måler g-faktoren bra (generell intelligens) (Sattler 2001). Disse deltestene tok totalt mellom 10 og 15 minutter per barn.

I deltesten “ordforståelse” skal barnet svare på spørsmål om hva forskjellige ord betyr eller er. Testen omfatter flere kognitive faktorer som et barns læreevne, informasjonsmengde, mangfold av ideer, hukommelse og språkutvikling. Antall ord som et barn kjenner, korrelerer høyt med et barns læreevne og evne til å tilegne seg nye kunnskaper. Derfor egner denne testen seg til å måle generelle ferdigheter (ibid.). I deltesten “terningmønster” skal barnet analysere et mønster, for å så dele de opp i mindre deler og deretter prøve å lage samme mønster. For å lykkes med dette, må barnet ta i bruk visuell organisering og visuell-motorisk koordinering. I tillegg må barnet tenke og resonnerer logisk i forhold til spatiale problemer. Man kan derfor betrakte testen som en nonverbal oppgave som omhandler perseptuell organisering, spatial visualisering og abstrakt forestillingsevne. Delprøven måler generelle ferdigheter best sammenlignet med de andre utføringsoppgavene (ibid.). For å få en samlet IQ-skåre, legger man sammen råskårene til de to deltestene og finner en avledet skåre som tilhører summen i tabellen i Sattlers bok (ibid.).

3.4 Operasjonalisering

3.4.1 Variabler i undersøkelsen

Det finnes følgende variabler i prosjektet: "Den nasjonale prøven 2005 i matematikk for 4.trinn" (gruppe 1 eller gruppe 2) omfatter variabelen matematikkprestasjoner. Deltestene i WMTB-C utgjør til sammen variablene mål på den fonologiske sløyfen og mål på den sentrale styringsenheten. Mål fra WISC-III gjenspeiler kontrollvariabelen "nonverbal IQ og verbal IQ".

Sammenlagt finnes det dermed følgende variabler i undersøkelsen:

1. Variabel relatert til matematikkprestasjoner, målt ved hjelp av den nasjonale prøven i matematikk.
2. Variabler relatert til den fonologiske sløyfen, målt ved hjelp av:
 - Tallrepetisjon
 - Ordrepetisjon
3. Variabel relatert til den sentrale styringsenheten, målt ved hjelp av:
 - Baklengs tallrepetisjon
4. IQ delt inn i nonverbal (terningsmønster) og verbal (ordforståelse) IQ

3.4.2 Analyse

Det har både blitt brukt deskriptiv statistikk og analytisk statistikk på dataene.

Statistisk er det sett på korrelasjonen mellom variabelen matematikkprestasjoner (basert på matematikkprøveresultat) og variablene innenfor arbeidshukommelse (mål på den fonologiske sløyfen og den sentrale styringsenheten). For å vurdere sammenhengen mellom variablene, ble Students independent t-test tatt i bruk. På den måten kunne det belyses om det var en signifikant forskjell mellom gruppe 1 og gruppe 2 (Befring 2002). Nullhypotesen er: "Det er ingen signifikant forskjell på kontrastgruppens omfang av den fonologiske sløyfen og sentrale styringsenheten."

På grunnlag av denne undersøkelsen kan man derimot ikke trekke kausale slutninger. Statistikken kan med andre ord ikke si noe om årsaksforholdet mellom de to variablene (Kleven 2002b). For at sammenhengen mellom den ene variabelen (matematikkprestasjoner) og de to andre variablene ikke skulle forstyrres av elevenes intelligensnivå, er det kontrollert for dette ved hjelp av en kontrollvariabel intelligens. Dermed er det unngått spuriøse sammenhenger der korrelasjonen primært kan forklares ut i fra en tredje variabel (her intelligens) (ibid.). For å studere samvariasjon mellom to variabler samtidig som man kontrollerer den innvirkende korrelasjonen med andre variabler, ble Analysis of Covariance, heretter kalt ANCOVA, tatt i bruk (Kinnear og Gray 2004). Gall m.fl.(1996) påpeker at ANCOVA egner seg bra til undersøkelser med et kausalt komparativt design. Forskeren er ikke alltid i stand til å velge ut kontrastgrupper som er like når det gjelder alle relevante variabler unntatt hovedvariabelen – i denne undersøkelsen matematikkprestasjoner. Hvis det viser seg at det fortsatt finnes en forskjell mellom kontrastgruppene, kan man ikke anvende kontrollvariabelen for å forklare forskjellen.

3.5 Reliabilitet

Begrepet reliabilitet påvirker statistisk validitet og begrepsvaliditet og blir derfor behandlet i det neste avsnittet om validitet.

3.6 Validitet

Validitet kan generelt beskrives som spørsmålet om man har fått et måleresultat for det man ønsker å måle (Befring 2002). Cook og Campbell har laget et system for å sikre validiteten i en undersøkelse (Shadish, Cook og Campbell 2002). De deler validitet inn i fire kategorier: statistisk validitet, indre validitet, begrepsvaliditet og ytre validitet. Disse fire validitetstypene vil nå presenteres. Aktuelle trusler på validitet i dette masterprosjektet vil vurderes i siste kapitlet.

Statistisk validitet kan deles i to; statistisk signifikans og klinisk signifikans (Lund 2002a). Statistisk signifikans innebærer sikkerhet i slutninger om at resultater er signifikante, altså ikke tilfeldige. Hvis man fastsetter et signifikansnivå på 5 %, innebærer dette at det bare er 5 % sjanse for at resultatene kan skyldes tilfeldigheter. Det skal dessuten være klinisk signifikans, som innebærer at resultatene er av ”rimelig” størrelse. Eventuelle trusler mot statistisk validitet er brudd på statistiske forutsetninger og lav statistisk styrke eller ”power”. Det er forøvrig også viktig å ha en bra testreliabilitet for å opprettholde en statistisk validitet (ibid). Det er nødvendig å minske flest mulig tilfeldige målingsfeil for å ivareta statistisk validitet.

Indre validitet tar opp spørsmålet om sammenhengen kan fortolkes kausalt som påvirkning av den ene variabelen på den andre. Shadish m.fl.(2002) formulerer indre validitet slik:

”We use the term internal validity to refer to interferences about whether observed covariation between A and B reflects a causal relationship from A to B in the form in which the variables were manipulated or measured.” (Shadish m.fl. 2002: 53).

I denne undersøkelsen belyses sammenhengen mellom på den ene siden variablene omfanget av den fonologiske sløyfen, den sentrale styringsenheten og på den andre siden variabelen matematikkprestasjoner. Undersøkelsen har et ikke-eksperimentelt kausalt komparativt design. Undersøkelsen er derfor et korrelasjonsstudium der man kan se om det finnes noen sammenhenger. Man kan prøve å avdekke årsaker, men det er vanskelig å mene noe om kausalitet på grunn av andre variabler som kan være med å påvirke effekten (Gall m.fl. 1996). Det kausale spørsmålet i denne undersøkelsen er om omfanget av arbeidshukommelsen påvirker matematikkprestasjoner eller om det er andre variabler som påvirker matematikkprestasjoner. Dette vil bli tatt opp i kapittel 5. Det er ønskelig å unngå spuriøse sammenhenger mellom variablene i denne undersøkelsen. For å unngå at intelligens er en faktor som påvirker resultatene i denne undersøkelsen, brukes to deltester fra WISC til å kontrollere for dette. IQ er altså en kontrollvariabel.

Begrepsvaliditet kan defineres som ”(...) grad av samsvar mellom begrepet slik det er definert teoretisk og begrepet slik vi lykkes med å operasjonalisere det” (Kleven

2002a: 176). Begrepene brukt i dette prosjektet er for det første matematikkprestasjoner, operasjonalisert ved hjelp av den nasjonale prøven i matematikk 2005. Det andre begrepet er arbeidshukommelse, nærmere presisert den fonologiske sløyfen og den sentrale styringsenheten, operasjonalisert ved hjelp av tre deltester i WMTB-C. Dessuten brukes begrepet intelligens, operasjonalisert ved hjelp av to deltester i WISC-III. I denne sammenhengen handler det om hvorvidt de operasjonaliserte variablene har målt disse begrepene. Begrepet reliabilitet er også relevant i denne sammenhengen. Spørsmålet er hvor nøyaktig eller konsistent en test måler det den måler (Kleven 2002a). I denne undersøkelsen kan man spørre seg om de brukte instrumentene (testene) måler det de er ment å måle. Eventuelle trusler mot begrepsvaliditet er tilfeldige målingsfeil og systematiske målingsfeil (Kleven 2002a). McCallum m.fl. (2002) påpeker også at utvalgsprosedyren (her en dikotomisering av utvalget) spiller en rolle i forhold til begrepsvaliditet. Dette gjøres rede for i kapittel 5.

Ytre validitet tyder på om man kan foreta generaliseringer til andre relevante situasjoner, tider og personer (Lund 2002a). Eventuelle trusler mot ytre validitet i dette prosjektet er individhomogenitet og et ikke-representativt individutvalg. Lund påpeker at kunnskapen vi har fra andre undersøkelser (såkalt kunnskapsrom) også kan være betydningsfull for hvor sikkert vi kan generalisere (Lund 2002b). Dette presiseres nærmere i kapittel 5 under validitetsvurdering.

3.7 Etske refleksjoner

I et forskningsprosjekt stilles det visse formelle krav som forskeren må forholde seg til. For det første finnes kravet om *informert samtykke* (Befring 2002). Før den individuelle utredningen startet, måtte foreldre gi informert samtykke og dette forutsatte informasjon. Derfor ble det sendt et brev til foresatte med generelle opplysninger om prosjektet og en svarslipp med spørsmål om barnet kunne delta. Det ble nevnt i informasjonsbrevet at en tredjedel av klassen hadde blitt valgt ut på grunnlag av resultater av den nasjonale prøven i matematikk, og at utvalget hadde

blitt selektert for å få en viss spredning i matematikkprestasjoner. Ingen reserverte seg fra å delta (vedlegg 1).

Det finnes også krav om *konfidensialitet* og *anonymitet* (ibid.) Alt datamateriale i prosjektet ble anonymisert. Det var bare lærerne som hadde kjennskap til elevenes navn og delte inn elevene i to kontrastgrupper. I brevet ble det også påpekt at informasjonen ville bli anonymisert og makulert direkte etter oppgavens levering i juni 2006.

Dessuten fantes det noen etiske utfordringer i forhold til kontrollvariabelen intelligens, her målt ved hjelp av to deltester i WISC-III. I brevet til rektorer, lærere og foresatte ble testene i WISC-III beskrevet som generelle ferdighetstester, fordi intelligensbegrepet er et nokså omstridt tema.

Testsituasjonen i seg selv stiller også høye krav til testlederen og barnet. Å være i en testsituasjon kan være utfordrende for noen barn. Dette gjorde det spesielt viktig at testsituasjonen skulle bli en positiv opplevelse for hver og én elev, også med tanke på at noen elever kunne ha matematikkvansker. Det var av stor betydning at mestringsopplevelsen og motivasjonen ble ivaretatt gjennom å i forkant understreke at eleven var til stor hjelp. Gjennom å gi positiv tilbakemelding og ros under og etter de ulike testene, ønsket man at testsituasjonen skulle være en positiv erfaring for alle elevene.

4. Resultater

I dette kapitlet presenteres resultatene. Først vises de deskriptive resultatene og deretter de analytiske resultatene.

4.1 Deskriptive resultater

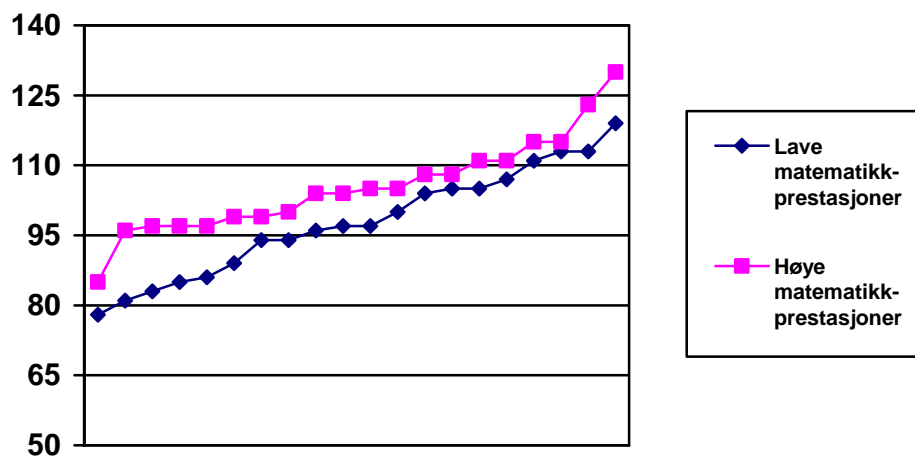
De deskriptive resultatene presenteres for de to kontrastgruppene i undersøkelsen. Gruppe 1 består av 20 elever med lave matematikkprestasjoner og gruppe 2 av 20 elever med høye matematikkprestasjoner. Før resultatene av hver deltest for kontrastgruppene beskrives, påpekes noen generelle funn i gruppene.

Før man analyserer datamateriale ved hjelp av en student t-test og en ANCOVA, må man se på normalfordelingen innenfor de ulike deltestene sett i forhold til gruppe 1 og 2. En normalitetstest i en Explore-analyse i SPSS viser at alle deltester er normalfordelt, men at det finnes to deltester som har en viss skjevhet. Det gjelder for deltesten ”baklengs tallhukommelse” for gruppe 2 (elever med høye matematikkprestasjoner). Her viser det seg at fordelingen er venstre skjev, med andre ord er det en opphoping av elever som skårer høyt på den deltesten. Dette gjelder også for den samlede iq-skåren for gruppe 2, men opphopingen er mindre der.

4.1.1 Tallrepetisjon

Deltesten ”tallrepetisjon” har til hensikt å måle omfanget av den fonologiske sløyfen. Her vises bare de standardiserte skårene fordi skåringen i WMTB-C er basert på forskjellige aldersgrupper. Det finnes to ulike grupper i standardiseringen: standardiserte skårer for barn mellom 9 år og 7 måneder, og 10 år og 6 måneder og for barn mellom 10 år og 7 måneder, og 11 år og 8 måneder. Det er derfor ikke hensiktsmessig å vise råskårene fordi man ikke kan sammenligne de to ulike gruppene. I fremstillingen presenteres standardavvik i parentes bak gjennomsnittet. I figur 2 ser vi standardskårene for gruppe 1 og 2 i deltest ”tallrepetisjon”.

Figur 2: tallrepetisjon, standardskårer (N=20)

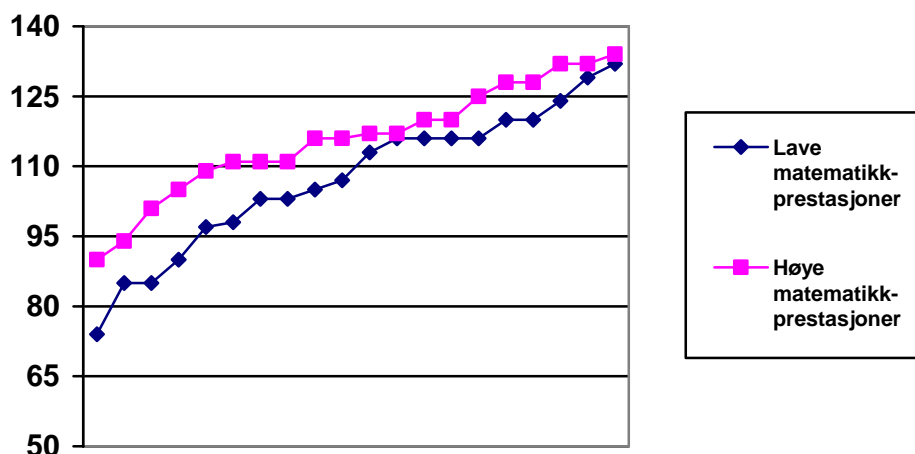


Figuren viser at gruppe 1 skårer lavere i deltesten “tallrepetisjon” enn gruppe 2. Gjennomsnittet for gruppe 1 er **98 (SD=12)** og gjennomsnittet for gruppe 2 er **105 (SD=10)**. I tillegg til å vise gruppens gjennomsnitt og standardavvik, kan det være interessant å se hvordan disse forholder seg til normeringsmaterialet. Ettersom normeringsmaterialet er standardisert, er 100 gjennomsnittet med et standardavvik på 15. Gruppe 1 ligger 2 poeng under dette gjennomsnittet og gruppe 2 ligger 5 poeng over. I gruppe 1 er den laveste skåren 78 og den høyeste 118, variansen er med andre ord **40**. I Gruppe 2 er den laveste skåren 85 og den høyeste 130, variansen er **45**. Her er variansen innad kontrastgruppene rimelig lik.

4.1.2 Ordrepetisjon

Deltesten “ordrepetisjon” har til hensikt å måle omfanget av den fonologiske sløyfen. I figur 3 ser vi standardskårene for gruppe 1 og 2 i deltest “ordrepetisjon”.

Figur 3: Ordrepetisjon, standardskårer (N=20)



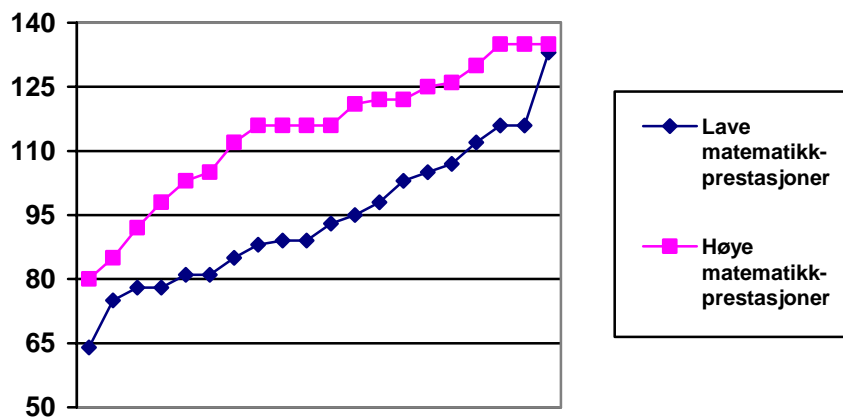
Gruppe 1 skårer lavere enn gruppe 2, men forskjellen er ikke så veldig stor.

Gjennomsnittet for gruppe 1 er **107 (SD=16)** og gjennomsnittet for gruppe 2 er **116 (SD=12)**. Her ser vi at begge gruppene ligger over det standardiserte gjennomsnittet og at gruppe 2 skårer mer enn et standardavvik høyere. I gruppe 1 er den laveste skåren 74 og den høyeste 132, variansen er med andre ord **58**. I Gruppe 2 er den laveste skåren 90 og den høyeste 134, variansen er **44**. Dette viser at skårene i gruppe 1 skiller seg mer fra hverandre enn de i gruppe 2.

4.1.3 Baklengs tallrepetisjon

Deltesten “baklengs tallrepetisjon” har til hensikt å måle omfanget av den sentrale styringsenheten. I figur 4 ser vi standardskårene for gruppe 1 og 2 i deltest “baklengs tallrepetisjon”.

Figur 4: Baklengs tallrepetisjon, standardskårer (N=20)

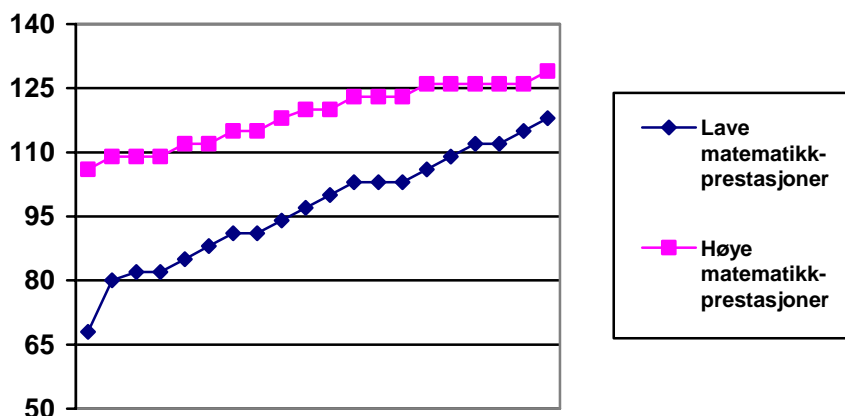


Her ser vi at gruppe 1 skårer betraktelig lavere enn gruppe 2. Gjennomsnittet for gruppe 1 er **94** (**SD=17**) og gjennomsnittet for gruppe 2 er **115** (**SD=16**). Her ligger gruppe 1 under det standardiserte gjennomsnittet (6 poeng lavere) og gruppe 2 skårer gjennomsnittlig 15 poeng eller et standardavvik høyere enn det standardiserte gjennomsnittet. I gruppe 1 er den laveste skåren 64 og den høyeste 133, variansen er med andre ord **69**. I Gruppe 2 er den laveste skåren 80 og den høyeste 135, variansen er **55**. Også her ser vi at skårene innad i gruppe 1 har et større sprik enn innad i gruppe 2.

4.1.4 WISC

Også i dette avsnittet vises bare de standardiserte skårene fordi skåringen i WISC-III også er basert på aldersgrupper. Her er de standardiserte skårene delt inn i perioder på et halvt år. Det er derfor ikke hensiktsmessig å vise råskårene.

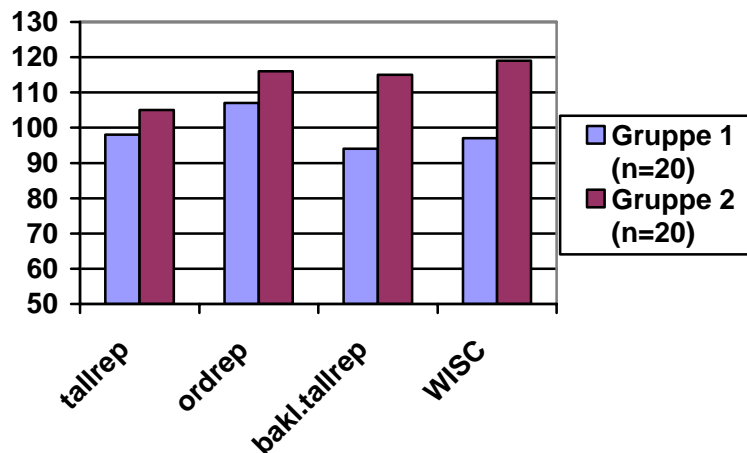
Figur 5: WISC sumskåre, standardskårer (N=20)



Vi kan se at gruppe 2 skårer bedre enn gruppe 1. Variasjonen innenfor gruppe 1 er større enn innenfor gruppe 2. Gjennomsnittet for gruppe 1 er **97 (SD=13)**, og gjennomsnittet for gruppe 2 er **119 (SD=7)**. WISC er også en standardisert test, med andre ord er 100 gjennomsnittet og 15 er et standardavvik. Hvis vi igjen sammenligner disse poengskårene med det standardiserte gjennomsnittet, ligger gruppen med de lave matematikkprestasjoner 3 poeng under og den andre gruppen 19 poeng over, med andre ord mer enn et standardavvik. I gruppe 1 er den laveste skåren 68 og den høyeste 118, variansen er med andre ord **50**. I Gruppe 2 er den laveste skåren 106 og den høyeste 129, variansen er **23**. Variansen i gruppe 1 er mye større enn i gruppe 2. Dette kan skyldes at resultatene av noen barn på deltesten “terningsmønster” i WISC-III var mye lavere enn resultatene på ”ordforståelse”.

Sammenfattet i figur 6 ser vi gjennomsnittene for gruppe 1 og gruppe 2 i deltestene: “tallrepetisjon”, “ordrepetisjon”, “baklengs tallrepetisjon” og ”WISC”.

Figur 6: Gjennomsnittene for gruppe 1 (elever med lave matematikkprestasjoner) og gruppe 2 (elever med høye matematikkprestasjoner) på de ulike deltestene



4.1.5 Korrelasjon mellom de ulike testene

Korrelasjonsmålinger kan gi uttrykk for i hvor høy grad ulike testvariabler samvarierer. Det ble derfor gjennomført en korrelasjonsberegning mellom de ulike deltestene som ble brukt i undersøkelsen. På den måten kan man få et inntrykk av hvordan deltestene henger sammen og forholder seg til hverandre.

Hovedtendensen viser at det er en positiv samvariasjon mellom alle testene og at de fleste korrelasjonskoeffisientene er rimelig høye. Dette kan bety at når en elev presterer bra på en test, også presterer bra på de andre. I tabellen ser vi at korrelasjonen mellom deltesten “tallrepetisjon” og “ordrepetisjon” er rimelig høy: $r = .601$, $p < .001$ ($r^2 = .36$). Dette forklarer ca. 36 % av variansen, noe som betyr at resultatet på “tallrepetisjon” kan forklare ca. 36 % av variansen på “ordrepetisjon”. Dette er som forventet fordi begge testene har til hensikt å måle omfanget av den fonologiske sløyfen. Deretter følger korrelasjonen mellom deltesten “tallrepetisjon” og “baklengs tallrepetisjon” ($r = .543$, $r^2 = .29$). Resultatet på “tallrepetisjon” kan med andre ord forklare 29 % av variansen på “baklengs tallrepetisjon”. Korrelasjonen mellom “ordrepetisjon” og “baklengs tallrepetisjon” er $r = .490$, $r^2 = .24$. Dette betyr at resultatet på “ordrepetisjon” kan forklare ca. 24 % av variansen på “baklengs tallrepetisjon”. Også disse korrelasjonene er rimelig høye og stemmer med antagelsen

om at mål på den fonologiske sløyfen og den sentrale styringsenheten korrelerer høyt med hverandre. Gathercole og Pickering (2001a) fant en korrelasjon på .77 mellom den fonologiske sløyfen og den sentrale styringsenheten i aldersgruppen som ble brukt i denne undersøkelsen. De laget også en korrelasjonsoversikt, der man kan se hvordan de ulike deltestene korrelerer innbyrdes. Korrelasjonen mellom "tallrepetisjon" og "ordrepetisjon" var 0.72; mellom "tallrepetisjon" og "baklengs tallrepetisjon" 0.66 og mellom "ordrepetisjon" og "baklengs tallrepetisjon" 0.58 (Gathercole og Pickering 2001a). Korrelasjonstallene i dette masterprosjektet skiller seg ikke så mye fra de tallene som Gathercole og Pickering kom frem til.

Korrelasjonen mellom "tallrepetisjon" og den samlede IQ-skåren er $r = .395$. Korrelasjonen mellom "ordrepetisjon" og den samlede IQ-skåren er $r = .378$ og mellom "baklengs tallrepetisjon" og den samlede IQ-skåren $r = .571$. Den sistnevnte korrelasjonskoeffisient indikerer at korrelasjonen mellom "baklengs tallhukommelse" og den totale IQ-skåren er rimelig høy. Dette stemmer med antagelsen at "baklengs tallhukommelse" er en generell indikator på et barns kognitive evner (Gathercole og Pickering 2001b).

Alle korrelasjoner i tabellen er signifikante med unntak av korrelasjonen mellom WISC-deltesten "terningsmønster" og de andre deltestene. Dette forundres ikke, fordi denne deltesten tester helt andre ferdigheter enn de andre deltestene i WMTB-C og deltesten "ordforståelse" (se 3.3.3). Vi ser også at WISC-deltestene korrelerer veldig høyt med den totale IQ-skåren. Dette stemmer overens med Sattlers påstand at de to valgte deltestene i brief WISC korrelerer høyt med den totale IQ-skåren (Sattler 2001).

Tabell 1: Korrelasjoner mellom testvariablene (N=40)

	Testvariabler	1	2	3	4	5
1	Tallrepetisjon	-				
2	Ordrepetisjon	.601 (**)	-			
3	Bakl.tallrepetisjo n	.543 (**)	.490 (**)	-		
4	Ordforståelse	.398 (*)	.352 (*)	.495 (**)	-	
5	Terningmønster	.289	.294	.483 (**)	.428 (**)	-
6	WISC-total	.395 (*)	.378 (*)	.571 (**)	.798 (**)	.886 (**)

Signifikansnivå (tohalet): * $p < .05$, ** $p < .01$

4.2 Analytiske resultater

De analytiske resultatene presenteres for de to kontrastgruppene i undersøkelsen.

Gruppe 1 består som sagt av 20 elever med lave matematikkprestasjoner og gruppe 2 av elever med høye matematikkprestasjoner.

4.2.1 Sammenhengen mellom matematikkprestasjoner og omfanget av den fonologiske sløyfen

I denne undersøkelsen har deltestene “tallrepetisjon” og “ordrepetisjon” til hensikt å måle omfanget av den fonologiske sløyfen.

Tabell 2 viser deskriptive data for “tallrepetisjon” hos elever med henholdsvis lave og høye matematikkprestasjoner.

Tabell 2: Gjennomsnitt og standardavvik for "tallrepetisjon" hos elever med lave og høye matematikkprestasjoner, standardskårer

	Gruppe 1 (N=20)	Gruppe 2 (N=20)
Gjennomsnitt	98	105
Standardavvik	12	10

Forskjellen mellom kontrastgruppene ble signifikanttestet med t-test for uavhengig utvalg. Resultatene viste at $t(38) = -2.18$, $p = 0.04$. Dette viser at gruppen som har lave matematikkprestasjoner skårer signifikant lavere på deltesten "tallrepetisjon" enn gruppen med høye matematikkprestasjoner.

Tabell 3 viser deskriptive data for "ordrepetisjon" hos elever med henholdsvis lave og høye matematikkprestasjoner.

Tabell 3: Gjennomsnitt og standardavvik for "ordrepetisjon" hos elever med lave og høye matematikkprestasjoner, standardskårer

	Gruppe 1 (N=20)	Gruppe 2 (N=20)
Gjennomsnitt	107	116
Standardavvik	16	12

Forskjellen mellom kontrastgruppene i deltest "ordrepetisjon" ble signifikanttestet med t-test for uavhengig utvalg. Resultatene viste at $t(38) = -1.89$, $p = 0.07$. Dette viser at gruppen som har lave matematikkprestasjoner ikke skårer signifikant lavere på deltesten "ordrepetisjon" enn gruppen med høye matematikkprestasjoner.

Forskjellen nærmer seg allikevel et signifikansnivå på .05.

Forskjellen mellom kontrastgruppen ble også signifikanttestet ved hjelp av ANCOVA, der man kontrollerer for en tredje variabel, IQ, her den totale standardskåren. Resultatene i forhold til deltest "tallrepetisjon" viste at

$F(2) = .225$, $p = .638$ (tohalet). Dette betyr at gruppe 1 ikke skårer signifikant lavere på deltesten “tallrepetisjon” enn gruppe 2 når man kontrollerer for intelligens.

Deltest ”ordrepetisjon” ble også testet ved hjelp av ANCOVA. Resultatene for denne deltesten viste at $F(2) = .041$, $p = .840$ (tohalet). Dette betyr at gruppe 1 ikke skårer signifikant lavere på deltesten “ordrepetisjon” enn gruppe 2 når man kontrollerer for intelligens.

Disse funn viser at en tredje variabel, intelligens, er med og påvirker undersøkelsens resultater.

4.2.2 Sammenhengen mellom matematikkprestasjoner og omfanget av den sentrale styringsenheten

I denne undersøkelsen har deltesten “baklengs tallrepetisjon” til hensikt å måle omfanget av den sentrale styringsenheten.

Tabell 4 viser deskriptive data for “baklengs tallrepetisjon” hos elever med henholdsvis lave og høye matematikkprestasjoner.

Tabell 4: Gjennomsnitt og standardavvik for “baklengs tallrepetisjon” hos elever med lave og høye matematikkprestasjoner, standardskårer

	Gruppe 1 (N=20)	Gruppe 2 (N=20)
Gjennomsnitt	94	115
Standardavvik	17	16

Forskjellen mellom kontrastgruppene ble signifikanttestet med t-test for uavhengig utvalg. Resultatene viste at $t(38) = -3.85$, $p = .00$. Dette viser at gruppen som har lave matematikkprestasjoner skårer signifikant lavere på deltesten “baklengs tallrepetisjon” enn gruppen med høye matematikkprestasjoner.

Her ble forskjellen mellom kontrastgruppen også signifikanttestet ved hjelp av ANCOVA, der man kontrollerer for en tredje variabel, den totale IQ-standardskåren.

Resultatene for deltesten “baklengs tallrepetisjon” viste at $F(2) = 1.70$, $p = .200$ (tohalet). Dette betyr at gruppe 1 ikke skårer signifikant lavere på deltesten “baklengs tallrepetisjon” enn gruppe 2 når man kontrollerer for intelligens. Forskjellen mellom begge gruppene er allikevel mye større enn i de andre to deltestene i WMTB-C.

Når samme signifikanstesting ble gjennomført med bare IQ verbal (“ordforståelse”) som kontrollvariabel, viste resultatene: $F(2) = 5.49$, $p = .025$. Dette innebærer at gruppe 1 skårer signifikant lavere på deltesten “baklengs tallrepetisjon” enn gruppe 2 når man kontrollerer for verbal intelligens.

Når samme signifikanstesting ble gjennomført med bare IQ nonverbal (“terningsmønster”) som kontrollvariabel, viste resultatene: $F(2) = 4.20$, $p = .048$. Dette innebærer at gruppe 1 skårer signifikant lavere på deltesten “baklengs tallrepetisjon” enn gruppe 2 når man kontrollerer for nonverbal intelligens.

Dette kan henge sammen med at den samlede IQ-skåren kan bestå av to skårer som spriker. Et barn kan for eksempel ha skåret veldig lavt på den ene WISC-deltesten og veldig høyt på den andre.

4.2.3 Sammenligning mellom gruppene når IQ er 100 eller mer

En analyse i SPSS viste at 10 elever i utvalget presterer dårlig i matematikk men 100 eller høyere i WISC-testen. Alle elever som tilhører gruppe 2 skåret over 100 i WISC. Forskjellen mellom denne gruppen og gruppe 2 (elever med høye matematikkprestasjoner) ble signifikanttestet med t-test for uavhengig utvalg.

Resultatene for deltest “baklengs tallrepetisjon” viste at $t(28) = -1.24$, $p = .015$. Dette viser at gruppen som har lave matematikkprestasjoner men en IQ-skåre på 100 eller høyere, skårer signifikant lavere på deltesten “baklengs tallrepetisjon” enn gruppen med høye matematikkprestasjoner. Forskjellene på de andre to deltestene (“tallrepetisjon” og “ordrepetisjon”) var ikke signifikante.

5. Drøfting av resultater

I dette kapittelet gjøres først rede for validitetsvurderingen av undersøkelsen. Deretter vil undersøkelsens resultater sammenlignes med tidligere forskning som ble presentert i kapittel 2. Så besvares problemstillingene, og det vurderes aspekter som kunne ha blitt gjort annerledes i undersøkelsen. Til slutt beskrives perspektiver for fremtidige studier og spesialpedagogisk arbeid.

5.1 Validitetsvurdering av undersøkelsen

I metodekapittelet ble Cook og Campbells validitetssystem presentert. Nå vil det redegjøres for truslene som kan være til stede i dette masterprosjektet. Reliabiliteten behandles delvis i avsnittet statistisk validitet og delvis i avsnittet begrepsvaliditet.

5.1.1 Statistisk validitet

Som nevnt tidligere, er trusler mot statistisk validitet lav statistisk styrke ("power") og brudd på statistiske forutsetninger (Lund 2002a). Den statistiske validiteten er til stede dersom det finnes statistisk signifikante funn. I denne undersøkelsen har det kommet frem at forskjellene mellom gruppe 1 og 2 i deltestene "tallrepetisjon" og "baklengs tallrepetisjon" er signifikante men ikke i deltesten "ordrepetisjon". Når man kontrollerer for intelligens (total skåre nonverbal og verbal IQ), er forskjellene derimot ikke signifikante. Nullhypotesen: "Det er ingen signifikant forskjell på kontrastgruppens omfang av den fonologiske sløyfen og sentrale styringsenheten" kan derfor opprettholdes når man kontrollerer for intelligens. Det finnes en sjanse for at man gjør såkalte type I og type II feil. En type I feil betyr at man forkaster en sann nullhypotese (Shadish m.fl. 2002). Denne feilen kan bare oppstå dersom resultatene er signifikante og i denne undersøkelsen gjelder dette kun for resultatene i "tallrepetisjon" og "baklengs tallrepetisjon". Denne feilen medfører at man antar at det finnes signifikante forskjeller selv om det egentlig ikke finnes noen signifikante

forskjeller. Type II feil innebærer at man opprettholder en falsk nullhypotese (ibid.). Denne feilen kan oppstå når utvalget er for lite og har kunnet oppstå i dette masterprosjektet. Dette kan medføre at man aksepterer at det ikke finnes en signifikant forskjell mellom gruppenes omfang av den fonologiske sløyfen og sentrale styringsenheten selv om det egentlig er en signifikant forskjell. Dette gjelder i denne undersøkelsen for deltest "ordrepetisjon" som nesten var signifikant, og for alle deltester da det var kontrollert for intelligens.

Det finnes flere trusler mot statistisk styrke. Den første er utvalgsstørrelse (Lund 2002a). I masterprosjektet består utvalget av 40 elever delt inn i to kontrastgrupper (N=20). Dette kan betraktes som et tilstrekkelig stort utvalg tatt i betraktning tidsaspektet i forbindelsen med masteroppgaven, men den statistiske styrken ville ha vært sterkere hvis utvalget hadde vært større, for eksempel 40 i stedet for 20. En annen trussel mot statistisk styrke er bruk av tohalet i stedet for enhalet signifikansnivå (ibid.). I denne undersøkelsen ble det benyttet et tohalet signifikansnivå i ANCOVA. Dersom man har en forventning om at resultatene skal gå i en bestemt retning (a priori), er det mulig å bruke et enhalet signifikansnivå. Problemstillingene i kapittel 2 formuleres imidlertid ikke som a priori og derfor har det ikke blitt brukt et enhalet signifikansnivå. Samtidig kan det bemerkes at resultatene uansett ikke hadde blitt signifikante dersom signifikansnivået hadde vært enhalet, selv ikke i "baklengs tallrepetisjon" som viste den største sammenhengen ($p = .10$ ved enhalet signifikansnivå).

Målingsfeil kan også være en trussel mot statistisk styrke (Shadish m.fl. 2002). Dersom en undersøkelse inneholder mange målingsfeil, kan dette føre til større varians innenfor gruppene, som innebærer at forskjellene mellom gruppene må være større for å få signifikante forskjeller. Reliabiliteten spiller i denne sammenhengen en viktig rolle, fordi den refererer til i hvilken grad data er fri for tilfeldige målingsfeil (Kleven 2002a). For å opprettholde en høy reliabilitet, og dermed øke statistisk styrke, er det derfor nødvendig å minske flest mulig tilfeldige målingsfeil. Både WISC-III og WMTB-C inneholder skåringsmanualer som har forenklet skåringen,

noe som antagelig har ført til færre målingsfeil. Det har vært viktig at administreringen har vært mest mulig nøyaktig. I tillegg til dette samlet jeg inn data sammen med en annen, slik at administreringen oss imellom måtte være mest mulig lik. For å oppnå høyest mulig målnøyaktighet, tok vi fem tester sammen for dermed å prøve å unngå store forskjeller mellom våre administreringer. I tillegg ble skåringsmanualene alltid sjekket av den andre i etterkant av testingen.

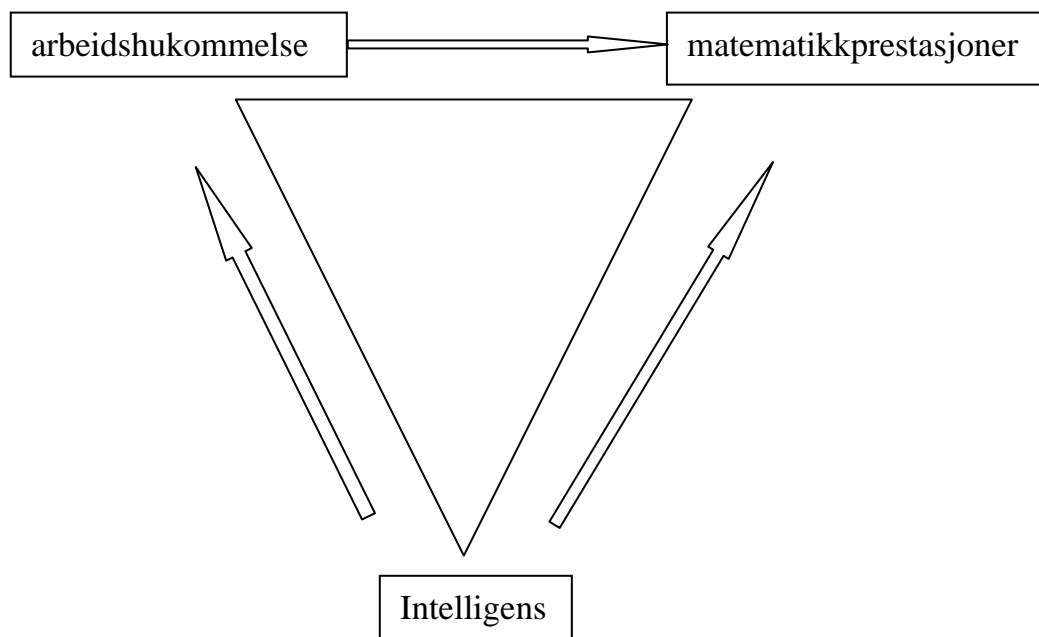
Man kan også se på reliabilitetskoeffisienter for å forutsi reliabiliteten (Shadish m.fl. 2002). Testene som har blitt brukt, har en høy reliabilitetskoeffisient. Deltestene innenfor WMTB-C har en test-retest-reliabilitetskoeffisient på 0.82 / 0.64 og 0.71 i rekkefølgen ”tallrepetisjon”, ”ordrepetisjon” og ”baklengs tallrepetisjon”. Deltestene innenfor WISC-III har en reliabilitetskoeffisient på 0.86.

En trussel mot den statistiske validiteten kan også være brudd på statistiske forutsetninger, noe som også svekker ”power”. Dette kan i følge Lund (2002a) blant annet omfatte brudd på forutsetninger om normalitet og lik varians. I analysen ble det foretatt en normalitetstest som viste at resultatene er normalfordelte. Det finnes imidlertid ulik varians i deltestene hos de to kontrastgruppene. Når det gjelder deltestene i WMTB-C, er denne forskjellen størst for ”ordrepetisjon”. I denne testen var det heller ikke noen signifikant forskjell mellom gruppens gjennomsnitt. Spørsmålet er om det kunne ha vært en signifikant forskjell hvis variansen hadde vært mer lik.

5.1.2 Indre validitet

I følge Shadish, Cook og Campell (2002) er spørsmålet om kausalitet den viktigste trusselen mot indre validitet. Dette gjelder spesielt for ikke-eksperimentelle design da det ikke foretas intervensjon. Kleven (2002b) hevder også at ikke-eksperimentelle design har lavere indre validitet enn ekte eksperimentelle design. Sentralt i denne undersøkelsen er spørsmålet om arbeidshukommelse, her operasjonalisert ved hjelp av deltester som måler omfanget av den fonologiske sløyfen og den sentrale styringsenheten, påvirker matematikkprestasjoner eller om det finnes andre

årsaksfaktorer. Kleven kaller dette for *tredjevariabelproblemet*. Undersøkelsen viser kun korrelasjonssammenhenger og ikke årsakssammenhenger, så derfor kan man ikke trekke noen konklusjoner (ibid.). To forskjellige alternative kausale tolkninger kan allikevel drøftes: 1) Omfanget av den fonologiske sløyfen og den sentrale styringsenheten påvirker matematikkprestasjoner: jo større omfanget er, jo høyere kan matematikkprestasjoner være. 2) Intelligens eller andre mulige tredjevariabler påvirker matematikkprestasjoner og arbeidshukommelse. I figur 7 kan vi se mulige årsakssammenhenger i denne undersøkelsen. Arbeidshukommelsen kan her oppfattes som omfanget av den fonologiske sløyfen og den sentrale styringsenheten. Tidligere forskning og dette masterprosjektet har vist en sammenheng mellom disse to komponentene og matematikkprestasjoner. Sammenhengen ser ut til å være størst mellom den sentrale styringsenheten og matematikkprestasjoner. Denne undersøkelsen har samtidig belyst at denne sammenhengen ikke er signifikant når man kontrollerer for intelligens (den totale WISC-skåren). Andre analyser i denne undersøkelsen har vist en signifikant sammenheng da det bare ble kontrollert for nonverbal eller verbal intelligens. Det ble også foretatt en sammenligning mellom barn med en IQ-skåre høyere enn 100 med lave matematikkprestasjoner, og barn med en IQ-skåre høyere enn 100 med høye matematikkprestasjoner. Da viste det seg at gruppen med lave matematikkprestasjoner skåret signifikant lavere i ”baklengs tallrepetisjon”. Disse motstridende resultatene gjør det vanskelig å trekke noen sikre konklusjoner. Resultatene kan tyde på at det er en tydelig sammenheng mellom den sentrale styringsenheten og matematikkprestasjoner. Hovedtendensene tyder allikevel på at intelligens kan være en bakenforliggende variabel som påvirker resultatene i denne undersøkelsen. Andre variabler enn intelligens, som det ikke er kontrollert for, kan også ha påvirket resultatene. Holm (2002) hevder at man kan dele inn årsaksforklaringer for matematikkprestasjoner i fire områder: kognitive, pedagogiske, nevropsykologiske og emosjonelle områder. Hukommelsesvansker deles inn i kognitive årsaksforklaringer og er kun en mulig årsaksforklaring.

Figur 7: Mulige årsakssammenhenger i denne undersøkelsen

Da denne undersøkelsen er ikke-eksperimentell, vil trusler som historie, modning og test-retest-effekt ikke behandles her (Lund 2002a). Instrumentering som mulig trussel mot indre validitet kan imidlertid være aktuell i denne undersøkelsen. Mulige forhold ved måleinstrumentene, her testene, kan ha påvirket resultatene. Lund påpeker at instrumentene, her testene som blir brukt, ikke bør ha "golv"- eller "tak"-effekt. Dette gjelder ikke for WISC-III som er standardisert og normert. WMTB-C er også standardisert og normalisert ved hjelp av 750 barn (Gathercole og Pickering 2001a). I deltestene brukt i denne undersøkelsen, var det ikke noen "tak"-effekt, men i én av deltestene som måler den visuospatiale skisseblokken, skåret et barn såpass høyt at det ikke fantes en tilsvarende standardskåre. Dette har allikevel ikke påvirket denne undersøkelsens resultater.

5.1.3 Begrepsvaliditet

Begrepsvaliditet refererer til om de operasjonaliserte variablene måler de relevante begrepene (Lund 2002a). Også her kommer begrepet reliabilitet inn i bildet, fordi det

omhandler spørsmålet om hvor nøyaktig eller konsistent en test måler det den måler (Kleven 2002a). I denne oppgaven kan man spørre seg om instrumentene (testene) som har blitt brukt, målte det de var tenkt å måle. For det første har vi begrepet matematikkprestasjoner, operasjonalisert ved hjelp av den nasjonale prøven 2005 i matematikk. Spørsmålet er i hvilken grad denne testen måler matematikkferdigheter hos barn. Som nevnt i avsnitt 3.3.1., har prøven generelt en høy reliabilitet. Testen synes med andre ord å ha lite tilfeldige målingsfeil. I utgangspunkt viser den nasjonale prøven hvilke kompetanser eleven har ved hjelp av en kompetanseprofil. I denne undersøkelsen ble elevene imidlertid delt inn i to kontrastgrupper, basert på en sumskåre. Det hadde vært en styrke hvis det hadde blitt differensiert mellom forskjellige matematikkferdigheter ved hjelp av kompetanseprofilen. På den måten kunne man ha fått større innsikt i ulike matematikkferdigheter hos elevene.

Man kan også sette spørsmålsteget ved testene som har blitt brukt for å måle arbeidshukommelsen. Man kan spørre seg om ”ordrepetisjon” og ”tallrepetisjon” virkelig måler kapasiteten av den fonologiske sløyfen. I teorikapittelet kom det frem at den fonologiske sløyfen og artikulasjonshastighet henger nært sammen. Dette kan innebære at ”ordrepetisjon” egentlig ikke måler den fonologiske sløyfen men artikulasjonshastigheten. Hvis et barn har en høyere artikulasjonshastighet, vil det klare å huske flere ord (Gathercole og Baddeley 1993; Hulme og Roodenrys 1995). Tidligere forskning har også hevdet at ”tallrepetisjon” ikke nødvendigvis måler kapasiteten på den fonologiske sløyfen. Barn med matematikkvansker kan skåre lavt på denne deltesten, men skåre normalt på ”ordrepetisjon”. Dette kan skyldes spesifikke vansker med bearbeiding av tall og ikke nødvendigvis en svekket fonologisk sløyfe (McLean og Hitch 1999; Hulme og Roodenrys 1995). Baddeley antar at ”baklengs tallrepetisjon” måler omfanget av den sentrale styringsenheten, men også dette kan diskuteres. Som omtalt i teorikapittelet, er den sentrale styringsenheten den minst spesifiserte komponenten i Baddeleys modell. Det har vært usikkert hvilke funksjoner den sentrale styringsenheten har og hvilken rolle den spiller ved ulike mentale oppgaver (Baddeley 1992; May 2001; Towse og Houston-Price 2001). I tillegg har den blitt kritisert i tidligere forskning fordi det er vanskelig å

bedømme hvilke funksjoner som tilhører den sentrale styringsenheten og hvilke funksjoner som tilhører andre kognitive systemer (Andrade 2001b). ”Baklengs tallrepetisjon” har allikevel blitt benyttet i tidligere forskning for å måle kapasiteten av den sentrale styringsenheten. Derfor kan denne deltesten betraktes som reliabel sett i lys av tidligere undersøkelser.

En innvending mot begrepsvaliditeten i denne undersøkelsen er at WMTB-C ikke er standardisert i Norge. Dette har imidlertid ikke ført til store vanskeligheter fordi testen inneholdt en oversiktlig manual med enkle instruksjoner som var lett å oversette til norsk. Kun én deltest (”ordrepetisjon”) måtte oversettes fra engelsk til norsk. Man kan selvfølgelig sette spørsmålsteget ved begrepsvaliditeten i denne deltesten.

Spørsmålet er om testen måler ”ordrepetisjon” like bra på norsk som på engelsk. Det kan være risikofyllt å oversette en ordtest fra engelsk til norsk. Ved oversettelsen var vi derfor nøye med å bruke samme slags konsonanter og vokaler (korte eller lange) slik at ordoppbyggingen var lik den engelske. Det ble også lagt vekt på at forbokstaven var lik den engelske.

Til slutt har to deltester av WISC-III blitt brukt som kontrollvariabel intelligens. WISC-III er en standardisert test som har blitt oversatt til mange språk og brukes i mange land. Deltestene korrelerer høyt med den totale skalaen og har målt generelle evner. Man kan allikevel hevde at begrepsvaliditeten ville vært høyere hvis flere deltester eller hele WISC-III hadde blitt brukt (Sattler 2001).

Begrepsvaliditeten i forhold til utvalgsprosedyren kan også diskuteres. Det ble brukt en dikotomi i denne undersøkelsen som vil si at utvalget ble delt inn i to kontrastgrupper. MacCallum m.fl. (2002) hevder at dikotomisering av kvantitative data kan ha flere negative konsekvenser. Dikotomi kan i følge dem føre til informasjonstap fordi man deler inn utvalget i to kontrastgrupper og dermed mister individuell informasjon. For det andre kan testreliabiliteten i følge MacCallum m.fl. bli mindre. I tillegg kan den statistiske styrken (”power”) bli mindre fordi man bruker andre statistiske mål. De hevder at det er bedre å bruke standard regresjonsmetoder og korrelasjonsanalyser med originale, ikke-dikotomiserte data.

Tatt i betraktning tidsaspektet, var en dikotomi allikevel en praktisk og rimelig bra løsning i denne undersøkelsen.

5.1.4 Ytre validitet

Skolene som ble valgt er ikke tilfeldig trukket fordi vi hadde kjennskap til skolene fra før. Dette kan være en trussel mot den ytre validiteten da dette ikke er et tilfeldig individutvalg. Utvalget er også en relativt ensartet gruppe, med hensyn til sosio-økonomisk bakgrunn og faglige ferdigheter. Denne trusselen mot ytre validitet har samtidig vært en fordel for den statistiske validiteten fordi at den statistiske styrken har blitt større (Lund 2002a). Det er større sjanse for at resultatene fra de to ulike skolene har vært relativt homogene.

Det ble satt et antall kriterier for utvalgsprosedyren: elevene skulle ikke ha kjente tilleggsvansker. Det ble allikevel ikke satt et kriterium angående fravær av lese- og skrivevansker. Dette kan ha medført at gruppe 1 som besto av elever med lave matematikkprestasjoner, var en mer heterogen gruppe. Resultatene i gruppe 1 er, som omtalt i kapittel 4, generelt mer heterogene enn de i gruppe 2. Det finnes med andre ord en større diskrepans mellom resultatene i gruppe 1 enn i gruppe 2. Dette kan forklares med at gruppe 1 muligens inneholdt både elever som bare presterte dårlig i matematikk og elever som presterte dårlig i andre fag i tillegg, som for eksempel norsk. I etterkant ville det vært bedre å ha undersøkt i forkant hvilke elever som hadde problemer med lesing og skriving. Man kunne også ha tatt noen kartleggingsprøver for å få innsikt i dette. På den måten kunne man tatt hensyn til dette i analysen av data og laget undergrupper for elever med bare matematikkvansker og elever med både matematikk- og lese- og skrivevansker. Da ville man samtidig kunne tolket resultatene på en helt annen måte. Denne fremgangsmåten ville samtidig være mer tidskrevende.

I følge Lund (2002b) er ytre validitet ikke bare avhengig av hvordan individer, situasjoner og tider er valgt ut. Kunnskapen som finnes i andre undersøkelser kan også være avgjørende for hvor mye som kan generaliseres. I denne undersøkelsen har

det blitt redegjort for andre studier hvor sammenhengen mellom arbeidshukommelse og matematikk blir belyst. I drøftingen vil denne undersøkelsens resultater sammenlignes med tidligere forskning. Dersom resultatene stemmer overens med hverandre, kan dette styrke den ytre validiteten.

Sammenfattet finnes det i dette masterprosjektet følgende trusler på validitetsområdet: statistisk validitet ("power" og brudd på statiske forutsetninger), indre validitet (kausalitet), begrepsvaliditet (spesielt WMTB-C, den nasjonale prøven i matematikk og utvalgsprosedyren) og til dels ytre validitet.

5.2 Diskusjon

Hensikten med denne diskusjonen er å drøfte analyseresultatene på bakgrunn av tidligere forskning. Som klargjort i teorikapittelet, kan den fonologiske sløyfen slik Baddeley definerer det, ha betydning for matematikkprestasjoner. Sammenfattet tas den i bruk ved hoderegning for å holde fast informasjon over lengre tid mens man regner (Fürst og Hitch 2000; Ostad 2003). Man bruker den når man skal huske tall (van der Sluis m.fl. 2005). Den anvendes når man lærer seg gangetabellen eller andre fonologiske sekvenser (Lillostølen 1996). Den spiller i tillegg en rolle ved strategivalg (Geary og Hoard 2003; Ostad 2003; Holmes og Adams 2006) og blir brukt ved løsning av verbale matematiske oppgaver (Rasmussen og Bisanz 2005; Holmes og Adams 2006). Den anvendes også når informasjon skal hentes frem fra langtidshukommelsen (Holmes og Adams 2006).

Også den sentrale styringsenheten, slik Baddeley definerer den, har betydning for matematikk. Den holder fast og manipulerer informasjon, og har ansvar for å fordele oppmerksomhet på flere oppgaver samtidig. Den henter frem informasjon fra langtidshukommelsen. Den spiller også en viktig rolle ved strategivalg (Baddeley 1996; Baddeley 2002; Geary og Hoard 2003). Den er i tillegg viktig ved styring og koordinering av prosedyrer i komplekse matematiske oppgaver (van der Sluis m.fl.

2005). Den tas i bruk ved problemløsningsoppgaver og ved verbale matematiske oppgaver (Rasmussen og Bisanz m.fl. 2005).

I dette masterprosjektet kom det frem at gruppe 1 (elever med lave matematikkprestasjoner) skåret signifikant lavere enn gruppe 2 (elever med høye matematikkprestasjoner) i deltestene “tallrepetisjon” og “baklengs tallrepetisjon”. men ikke i deltesten “ordrepetisjon”. Det skal samtidig bemerkes at resultatene i deltesten “ordrepetisjon” nærmet seg et signifikansnivå ($p = 0.07$). Disse resultatene endret seg da det ble kontrollert for intelligens. Da skåret gruppe 1 ikke signifikant lavere enn gruppe 2 i noen av deltestene, men den største forskjellen var i deltest “baklengs tallrepetisjon”. Da det bare ble kontrollert for nonverbal intelligens (deltest “terningsmønster”), var “baklengs tallrepetisjon” signifikant lavere hos gruppe 1. Dette gjaldt også da det bare ble kontrollert for verbal intelligens (deltest “ordforståelse”). Disse resultatene kan skyldes store sprik mellom skårene på “ordforståelse” og “terningsmønster”. Ved en annen analyse ble alle elever med en IQ høyere enn 100 sammenlignet. Utvalget besto av alle elever fra gruppe 2 (20 elever) og 10 elever fra gruppe 1. Det viste seg at de 10 elevene fra gruppe 1 med en IQ høyere enn 100, skåret signifikant lavere i deltesten “baklengs tallrepetisjon”.

Undersøkelsens resultater vil nå bli sammenlignet med tidligere forskning som har blitt redegjort for i teorikapittelet. De forskjellige deltestene i WMTB-C vil bli omtalt i samme rekkefølge som i resultatkapittelet, med andre ord først “tallrepetisjon”, videre “ordrepetisjon” og deretter “baklengs tallrepetisjon”. Deltestene vil tildels bli behandlet sammen da dette også gjøres i de andre undersøkelsene. Samtidig vil resultatene sees i lyset av kontrollvariabelen i undersøkelsen.

I denne undersøkelsen skåret gruppe 1 signifikant lavere enn gruppe 2 på deltesten “tallrepetisjon”. Dette stemmer overens med undersøkelsen Rasmussen og Bisanz (2005) gjorde. De fant at blant annet “tallrepetisjon” var årsaken til variansen i verbale matematikkoppgaver hos barn på syv år. Rasmussen og Bisanz skilte i denne undersøkelsen mellom verbale og nonverbale matematikkoppgaver. De mener at matematikkfaget ikke bør betraktes som et helhetlig fag da det består av mange

forskjellige deler. Dessuten opererer de ikke med kontrastgrupper som har blitt laget på grunnlag av standardiserte matematikktester. De hevder at matematikkferdigheter ikke kan betraktes som generelle men som en mangfoldig sammensetning av ulike ferdigheter som blant annet kan deles inn i verbale og nonverbale ferdigheter. Derfor understreker de at man bør sammenligne spesifikke matematikkoppgaver med spesifikke komponenter i arbeidshukommelsen (ibid.).

I noen andre undersøkelser har resultatene i forhold til ”tallrepetisjon” vist seg å være annerledes enn i dette masterprosjektet. Mc Lean og Hitch (1999) testet barn med bare matematikkvansker og fant at de nesten skåret signifikant lavere på deltesten ”tallrepetisjon” tatt fra WISC-R, enn kontrollgruppen. Van der Sluis m.fl. (2005) skiller i undersøkelsen de gjorde mellom barn som bare har matematikkvansker, og barn som har både matematikk- og lese- og skrivevansker. De tok også i bruk ”tallrepetisjon” fra WISC-R. Barn som bare hadde matematikkvansker, skåret ikke signifikant lavere på denne testen. Barn som både hadde matematikk- og lese- og skrivevansker, skåret imidlertid signifikant lavere på ”tallrepetisjon” enn kontrollgruppen. Også Holmes og Adams (2006) kom frem til samme resultater. Skårer på testene som hadde til hensikt å måle den fonologiske sløyfen, kunne ikke predikere en varians i barnas matematikkprestasjoner. Det var med andre ord ikke en signifikant sammenheng mellom skårene på disse testene og barnas matematikkprestasjoner.

I dette masterprosjektet kom det frem at barna med lave matematikkprestasjoner skåret signifikant lavere på ”tallrepetisjon” men ikke på ”ordrepetisjon”, da det ikke ble kontrollert for intelligens. Begge testene har til hensikt å måle kapasiteten av den fonologiske sløyfen. Resultatene kan derfor virke motstridende. Tidligere forskning har imidlertid vist sammenlignbare resultater. En mulig årsak til resultatene kan være at disse barna ikke nødvendigvis har en svekket fonologisk sløyfe men spesifikke problemer med bearbeiding av tall. Denne forklaringen kommer frem i en undersøkelse som Siegel og Ryan gjorde i 1989 (Hulme og Roodenrys 1995). De fant at barn som bare hadde matematikkvansker, skåret lavt på en oppgave der de telte

prikker på ulike kort og deretter måtte gjenta hvor mange prikker det var på hvert av kortene. De hevder at resultatene ikke nødvendigvis kan skyldes en svekket fonologisk sløyfe, men snarere vanskeligheter med prosesser som omhandler tall. Også Hitch og McAuley (ibid.) fant at barn med matematikkvansker synes å ha spesifikke vansker med tallbearbeiding. Barna i deres undersøkelse skåret ikke signifikant lavere på ”non-ordrepetisjon” som i likhet med ”ordrepetisjon”, har til hensikt å måle kapasiteten av den fonologiske sløyfen. Derfor hevder Hitch og McAuley at resultatene ikke kan skyldes en svekket fonologisk sløyfe, for da ville barna også skåret lavere på ”nonord-repetisjonstesten”. De påpeker at årsaken kan være en forsinkelse i fremhenting av tallrepetisjoner i langtidshukommelsen. Som en sekundær vanske skårer disse barna derfor lavere på arbeidshukommelsestester i følge Hitch og McAuley (Hulme og Roodenrys 1995). McLean og Hitch (1999) hevder at barn med matematikkvansker kan ha problemer med å huske tall og at dette kan være grunnen til lavere skårer på ”tallrepetisjon”.

I masterprosjektet skåret gruppe 1 ikke signifikant lavere enn gruppe 2 i deltest ”ordrepetisjon”, ikke heller da det ble kontrollert for intelligens. En årsak kan altså være at barn med lave matematikkprestasjoner ikke har en svekket fonologisk sløyfe. Barn som har både lese- og skrivevansker og matematikkvansker, kan imidlertid ha en begrenset kapasitet i den fonologiske sløyfen (Lefevre m fl 2005). I dette masterprosjektet er det ikke kjent om barna som har blitt testet, i tillegg har lese- og skrivevansker. Det kan være at barna som har både har lese- og skrivevansker og matematikkvansker, skåret signifikant lavere på testene som målte den fonologiske sløyfen, men at barn som bare har matematikkvansker, ikke skåret signifikant lavere. Ostad (1999) hevder i sin undersøkelse at halvparten av elevene med matematikkvansker også hadde rettskrivingsvansker. Han påpeker at det ikke er uvanlig at skriftspråkvansker og matematikkvansker blir stilt sammen under gruppebetegnelsen språkbaserte vansker. Dette tyder også på at det er vanskelig å tolke undersøkelsens resultater dersom man ikke er klar over antallet elever som har lese- og skrivevansker.

En annen mulighet er at "ordrepetisjon" måler et barns artikulasjonshastighet og ikke omfanget av den fonologiske sløyfen (Gathercole og Baddeley 1993; Hulme og Roodenrys 1995). Forskning har vist at ordrepetisjon eller ordspenn henger nært sammen med artikulasjonshastigheten. Det har imidlertid også blitt hevdet at leksikale enheter i langtidshukommelsen spiller en rolle ved ordspennoppgaver (Hulme og Roodenrys 1995). Det kan være at noen barn i undersøkelsen kunne hente frem ordene fra langtidshukommelsen og derfor klarte å huske flere enheter enn andre barn. Prestasjoner på "ordrepetisjon" gjenspeiler i så fall ikke omfanget av den fonologiske sløyfen.

I dette masterprosjektet skåret gruppe 1 signifikant lavere enn gruppe 2 i "baklengs tallrepetisjon", men ikke signifikant da det ble kontrollert for intelligens. Da det ble kontrollert for bare nonverbal eller bare verbal intelligens, var resultatene signifikante. Da det ble gjort en sammenligning mellom resultatene i gruppen med en IQ høyere enn 100 og lave matematikkprestasjoner, og gruppen med en IQ høyere enn 100 og høye matematikkprestasjoner, var resultatene også signifikante. Det kan derfor antas at resultatene tyder på en sammenheng mellom den sentrale styringsenheten og matematikkprestasjoner. Testen "baklengs tallrepetisjon" ble også brukt av Rasmussen og Bisanz (2005). Hos de eldste barna (7 år) var "baklengs tallrepetisjon" (og "tallrepetisjon") årsaken til den høye variansen i de verbale matematikkoppgavene. Også van der Sluis m.fl. (2005) tok i bruk "baklengs tallrepetisjon" og fant at gruppen som hadde både matematikkvansker og lese- og skrivevansker, skåret signifikant lavere. Dette gjaldt ikke for gruppen med bare matematikkvansker. Holmes og Adams (2006) tok i bruk WMTB-C og fant ut at den sentrale styringsenheten kunne predikere en unik varians i barnas matematikkferdigheter. Undersøkelsen benyttet imidlertid ikke intelligens som kontrollvariabel. Holmes og Adams hevder allikevel at arbeidshukommelsen som faktor i seg selv påvirker matematikkprestasjoner, selv om intelligens også kan påvirke matematikkprestasjoner. McLean og Hitch (1999) benyttet ikke "baklengs tallrepetisjon", men andre tester for å måle omfanget av den sentrale styringsenheten. Gruppen med spesifikke matematikkvansker skåret signifikant lavere enn

kontrollgruppen på disse testene. McLean og Hitch konkluderer med at årsaken til matematikkvansker blant annet kan skyldes omfanget av den sentrale styringsenheten.

Resultatene i undersøkelsen som Gathercole m.fl. (2004) gjorde, antyder at den fonologiske sløyfen og den sentrale styringsenheten korrelerer høyt med hverandre og at denne korrelasjonen blir større jo eldre barna er. Dette indikerer at når man tester omfanget av den sentrale styringsenheten ved hjelp av "baklengs tallrepetisjon", spiller også den fonologiske sløyfen en rolle. Dette forklarer Rasmussen og Bisanz (2005) med at denne testen også krever verbal repetisjon av tall. Van der Sluis m.fl. (2005) hevder også at dårlige resultater på "baklengs tallrepetisjon" kan skyldes en begrenset kapasitet av den fonologiske sløyfen. I tråd med disse undersøkelsene kan det være vanskelig å skille eksplisitt mellom resultater i forhold til den sentrale styringsenheten og den fonologiske sløyfen. Dette kan innebære at de barna som har skåret signifikant lavere på "baklengs tallrepetisjon" også kan ha skåret signifikant lavere på "tallrepetisjon" og "ordrepetisjon".

5.3 Oppsummering og perspektiver for fremtidige studier

Undersøkelsen har fem forskjellige problemstillinger. **Den første** er hva som karakteriserer sammenhengen mellom den fonologiske sløyfen og matematikkprestasjoner. Den fonologiske sløyfen ble operasjonalisert ved hjelp av "tallrepetisjon" og "ordrepetisjon". Resultatene viser at gruppen med lave matematikkprestasjoner skåret signifikant lavere i "tallrepetisjon", men ikke i "ordrepetisjon", selv om denne forskjellen nærmet seg signifikansnivået. Det finnes flere mulige årsaker til disse resultatene. 1) For det første kan utvalgstørrelsen i kontrastgruppene (N=20) ha medført at resultatene i deltest "ordrepetisjon" ikke ble signifikante. Hvis forskjellen ville vært signifikant, hadde det ført til at det var en sammenheng mellom den fonologiske sløyfen og matematikkprestasjoner. Dette har imidlertid ikke kommet frem i denne undersøkelsen. 2) For det andre er det en mulighet for at det ikke er en sammenheng mellom den fonologiske sløyfen og

matematikkprestasjoner. I denne undersøkelsen skåret gruppen med lave matematikkprestasjoner ikke signifikant lavere på "ordrepetisjon", noe som kan tyde på at de ikke har en svekket fonologisk sløyfe. Dette trenger ikke å være motstridende i forhold til resultatene i "tallrepetisjon". Tidligere forskning tilsier at "tallrepetisjon" muligens ikke måler omfanget av den fonologiske sløyfen, men at barn med lave matematikkprestasjoner kan ha vansker med bearbeiding av tall. Dette kan være grunnen til at gruppe 1 skåret signifikant lavere på denne deltesten.

Den andre problemstillingen ser på hva som karakteriserer sammenhengen mellom den fonologiske sløyfen og matematikkprestasjoner når det blir kontrollert for intelligens. Det viste seg at ingen av deltestene var signifikant lavere. Dette tyder på at intelligens kan være årsaken til at gruppe 1 skåret lavere på deltestene som hadde til hensikt å måle den fonologiske sløyfen.

Den tredje problemstillingen omhandler sammenhengen mellom den sentrale styringsenheten og matematikkprestasjoner. I denne undersøkelsen ble den sentrale styringsenheten operasjonalisert ved hjelp av deltest "baklengs tallrepetisjon". Resultatene viser at gruppen med lave matematikkprestasjoner skåret signifikant lavere enn gruppe 2 i denne deltesten. Dette kan tyde på at det er en sammenheng mellom omfanget av den sentrale styringsenheten og matematikkprestasjoner. Dette stemmer overens med tidligere forskning som hevder at barn med matematikkvansker skårer lavere på oppgaver som har til hensikt å måle den sentrale styringsenheten.

Den fjerde problemstillingen tar for seg hva som karakteriserer sammenhengen mellom den sentrale styringsenheten og matematikkprestasjoner når det er kontrollert for intelligens målt ved hjelp av to deltester i WISC. Da det ble kontrollert for den totale IQ-skåren, var resultatene ikke signifikante. Da det imidlertid bare ble kontrollert for enten verbal eller nonverbal intelligens, var resultatene allikevel signifikante. Årsaken til dette kan være at noen barn skåret veldig forskjellig i WISC-deltestene. Den samlede IQ-skåren kan derfor ha skilt seg betraktelig fra den enkelte deltesten. Resultatene i "baklengs tallrepetisjon" hos barna med en IQ høyere enn 100 men med lave matematikkprestasjoner, og de med en IQ høyere enn 100 og høye

matematikkprestasjoner, ble også sammenlignet. Det viste seg at gruppen med lave matematikkprestasjoner skåret signifikant lavere. Dette resultatet kan betraktes som en bekreftelse på at det finnes en sammenheng mellom den sentrale styringsenheten og matematikkprestasjoner, selv når det har blitt kontrollert for intelligens.

Den femte problemstillingen beskriver hva som karakteriserer sammenhengen mellom arbeidshukommelse, nærmere presisert, den fonologiske sløyfen og den sentrale styringsenheten i følge Baddeleys modell, matematikkprestasjoner og intelligens. Resultatene kan tyde på at intelligens er en bakenforliggende faktor for prestasjoner i både matematikk og arbeidshukommelsestestene. ”Baklengs tallrepetisjon” synes allikevel å være en test som viser en tydelig sammenheng mellom arbeidshukommelse og matematikkprestasjoner, selv når det er kontrollert for intelligens. Dette stemmer overens med tidligere forskning som hevder at tester som har til hensikt å måle den sentrale styringsenheten, korrelerer høyt med matematikkprestasjoner. Tidligere forskning har imidlertid også vist at slike tester korrelerer høyt med generelle evner. Da dette masterprosjektet kun er en korrelasjonsstudie, er det imidlertid vanskelig å mene noe om årsakssammenhenger.

Det finnes noen aspekter i dette masterprosjektet som kunne ha blitt gjort annerledes. For det første er det utvalgsprosedyren. Når man bruker en dikotomi ved hjelp av to kontrastgrupper, får man ikke innsikt i variasjonsbredden. Det kunne vært mer hensiktsmessig å teste to hele klasser for å få innsikt i individuelle prestasjoner. Samtidig kunne man da ha brukt andre statistiske mål som regresjonsmetoden for å undersøke sammenhengen. Dette ville ha styrket den statistiske validiteten i denne undersøkelsen.

Det kan dessuten være uhensiktsmessig å generalisere matematikkprestasjoner som har blitt gjort i denne undersøkelsen, fordi matematikk er et fag som har mange ulike sider og ferdighetsområder. Hvis man hadde hatt innsikt i hvilke ferdighetsområder et barn skåret lavt eller høyt i, kunne man ha sammenlignet disse med spesifikke komponenter i arbeidshukommelsen. Man kunne for eksempel ha sammenlignet omfang av den fonologiske sløyfen med gangetabellen eller verbale

matematikkoppgaver, eller omfang av den sentrale styringsenheten med problemløsningsoppgaver.

Ved å kontrollere for lese- og skrivevansker, kunne resultatene i denne undersøkelsen blitt mer konsise og lettere tolkbare. Man kunne da ha sammenlignet en gruppe med bare matematikkvansker og en gruppe med både lese- og skrivevansker og matematikkvansker og undersøkt hvilke komponenter i arbeidshukommelsen som hadde størst påvirkning på deres matematikkprestasjoner. I følge Ostad (1999) kan påvist eksistens av comorbiditet mellom matematikkvansker og lese- og skrivevansker komplisere undersøkelser angående matematikkvansker. Han stiller imidlertid spørsmålsteget ved relevansen av forskning om matematikkvansker som betraktes helt uavhengig av comorbiditet i forhold til lese- og skrivevansker.

Drøftingen har vist at resultatene kan forstås i lys av Baddeleys teori om arbeidshukommelse. Det finnes imidlertid flere teoretiske perspektiver og andre arbeidshukommelsesmodeller som kan belyse sammenhengen mellom arbeidshukommelse og matematikk på andre måter. I fremtiden vil det være behov for flere empiriske studier og longitudinelle studier med intervensjon for å forklare sammenhengen mellom arbeidshukommelse, matematikkprestasjoner og eventuelle andre faktorer.

Arbeidshukommelsen synes å være en viktig støtte i den kognitive utviklingen og ved innlæring av nye kunnskaper (Gathercole og Pickering 2001a). Individuelle forskjeller i arbeidshukommelseskomponentene kan ha direkte konsekvenser for tilegning og utføring av et mangfold av oppgaver. Å få innsikt i styrker og svakheter i arbeidshukommelsen hos et barn kan hjelpe oss ved kartleggingen av et barns lærepotensial og eventuelle lærevansker. Derfor kan The Working Memory Test Battery for Children være et nyttig kartleggingsverktøy ved utredning av lærevansker og i spesialpedagogisk arbeid.

Kildeliste

- Ackerman, P.L., M.E. Beier, M.O. Boyle (2005): Working Memory and Intelligence: The Same or Different Constructs? *Psychological Bulletin*, vol. 131, nr. 1, s. 30-60.
- Andrade, J. (2001a): An introduction to working memory. I: Andrade, J. (red.); *Working Memory in Perspective*. New York: Psychology Press.
- Andrade, J. (2001b): The working memory model: Consensus, controversy, and future directions. I: Andrade, J. (red.); *Working Memory in Perspective*. New York: Psychology Press.
- Atkinson R. C. og R.M. Shiffrin, (1968): Human Memory: A proposed system and its control processes I: Spence, K.W. og Spence, J.T. (red.); *The Psychology of learning and motivation: advances in research and theory*. Bind nr. 2. New York: Academic Press.
- Conners, F.A., M.D. Carr, S. Willis (1998): Is the Phonological Loop Responsible for Intelligence-Related Differences in Forward Digit Span? *American Journal on Mental Retardation*, vol. 103, nr. 1, s. 1-11.
- Baddeley, A.D. og G.J. Hitch (1974): Working Memory I: G.H. Bauer (red.) *The psychology of Learning and Motivation*, vol 8, s. 47-90. New York: Academic Press.
- Baddeley, A. (1986): *Working Memory*. New York: Oxford University Press.
- Baddeley, A. (1992): Working Memory. *Science*, vol. 255, s. 556-559.
- Baddeley, A. (1996): Exploring the Central Executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, vol. 1, nr. 49A, s. 5-28.
- Baddeley, A. (2000): The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 4, nr. 11, s. 417-423
- Baddeley, A.D. og G.J. Hitch (2001): Foreword. I: Andrade, J. (red.); *Working Memory in Perspective*. New York: Psychology Press.
- Baddeley, A. (2002): Is Working Memory still working? *European Psychologist*, vol. 7, nr. 2, s. 85-97.
- Befring, E. (2002): *Forskningsmetode, etikk og statistikk*. Oslo: Samlaget.
- Bull, R. og G. Sheriff (2001): Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, nr. 19, s. 273-293.
- Colom, R., F.J. Abad, I. Rebollo, P.C. Shih (2005): Memory Span and general intelligence: A latent-variable approach. *Intelligence*, vol. 33, s. 623-642.

- Fürst, A.J. og G.J.Hitch (2000): Separate roles for executive and phonological components of working memory in mental arithmetic. *Memory and Cognition*, vol. 28, nr. 5, s. 774-782.
- Gall, M., W.R. Borg og J.P. Gall (1996): *Educational Research, An Introduction*. New York: Longman.
- Gathercole, S.E. og A.D. Baddeley (1993): *Working Memory and Language*. New York: Psychology Press.
- Gathercole, S.E. og S.J. Pickering (2000): Assessment of Working Memory in Six- and Seven-Year-Old Children. *Journal of Educational Psychology*, vol. 92, nr. 2, s. 377-390.
- Gathercole, S.E. og S.J. Pickering (2001a): *Working Memory Test Battery for Children (WMTB-C)*. London: The Psychological Corporation.
- Gathercole, S.E. og S.J. Pickering (2001b): Working memory deficits in children with special educational needs. *British Journal of Special Education*, vol. 28, nr. 2, s. 89-97.
- Gathercole, S.E., S.J. Pickering, B. Ambridge og H. Wearing (2004): The Structure of Working Memory From 4 to 15 Years of Age. *Developmental Psychology*, vol. 40, nr. 2, s. 177-190.
- Geary, D.C. og M.K. Hoard (2003): Learning Disabilities in Basic Mathematics: Deficits in Memory and Cognition. I: Royer, J.M. (red.); *Mathematical Cognition*. Greenwich: Information Age Publishing.
- Holm, M. (2002): *Opplæring i matematikk. For elever med matematikkvansker og andre elever*. Oslo: Cappelen Akademisk forlag.
- Holmes, J. og J.W. Adams (2006): Working Memory and Children's Mathematical Skills: Implications for mathematical development and mathematics curricula. *Educational Psychology*, vol. 26, nr. 3, s. 339-366.
- Hulme, C. og S. Roodenrys (1995): Practitioner Review: Verbal Working Memory Development and its Disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, vol. 36, nr. 3, s. 373-398.
- Hulme, C. og S. MacKenzie (1992): *Working memory and severe learning difficulties*. Hove: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kinnear, P.R., C.D. Gray (2004): *SPSS 12 made simple*. Hove: Psychology Press.
- Kirke-, utdannings- og forskningsdepartementet (1997): *Læreplanverket for den 10-årige grunnskolen. Matematikk*. URL: http://www.uttanningsdirektoratet.no/templates/udir/TM_Artikkel.aspx?id=554 (lesedato 15.04.06).
- Kleven, T.A. (2002a): Begrepsoperasjonalisering. I: Lund, T. (red.); *Innføring i forskningsmetodologi*. Oslo: Unipub.

-
- Kleven, T. A. (2002b): Ikke-eksperimentelle design I: Lund, T. (red.); *Innføring i forskningsmetodologi*. Oslo: Unipub.
- Lafranchi, S. og H.L. Swanson (2005): Short-term memory and working memory in children as a function of language-specific knowledge in English and Spanish. *Learning and Individual Differences*, nr. 5, s. 299-319.
- Lefevre J-A., D. DeStefano, B.Coleman og T. Shanahan (2005): Mathematical Cognition and Working Memory. I: Campbell J.I.D. (red); *Handbook of Mathematical Cognition*. New York/Hove: Psychology Press.
- Lie, S., T.N. Hopfenbeck, E. Ibsen og A. Turmo (2005): *Nasjonale prøver på ny prøve. Rapport fra en utvalgsundersøkelse for å analysere og vurdere kvaliteten på oppgaver og resultater til nasjonale prøver våren 2005*. Oslo: Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling. URL: <http://www.udir.no/dav/3e6429d6d4.pdf> (lesedato: 10.11.05).
- Lillostølen, R. (1996): Hukommelsens betydning ved spesifikke lærevansker. I: Wold, A.H. (red.); *Skriftspråkutvikling. Om hvordan barn lærer å lese og skrive*. Oslo: Cappelen Akademisk Forlag.
- Lovatt, P. og S. Avons (2001): Re-evaluating the word-length effect. I: Andrade, J. (red.); *Working Memory in Perspective*. New York: Psychology Press.
- Lund, T. (2002a): Metodologiske prinsipper og referanserammer. I: Lund, T. (red.); *Innføring i forskningsmetodologi*. Oslo: Unipub.
- Lund, T. (2002b): Generaliseringsproblematikk. I: Lund, T. (red.); *Innføring i forskningsmetodologi*. Oslo: Unipub.
- MacCallum, R.C., S. Zhang, K.J. Preacher og D.D. Rucker (2002): On the Practice of Dichotomization of Quantitative Variables. *Psychological Methods*, vol. 7, nr. 1, s. 19-40.
- Matematikksenteret, Nasjonalt Senter for Matematikk i Opplæringen: *Nasjonale prøver. Hva måles og hvordan måles det?* URL: <http://www.matematikksenteret.no/content.ap?thisId=74> (lesedato: 03.11.05)
- May, J. (2001): Specifying the central executive may require complexity. I: Andrade, J. (red.); *Working Memory in Perspective*. New York: Psychology Press.
- McLean, J.F. og G.J.Hitch (1999): Working Memory Impairments in Children with Specific Arithmetic Learning Disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, nr. 74, s. 240-260.
- Numminen, H. (2002): *Working memory in adults with intellectual disability*. Helsinki: Finnish association on Mental Retardation.
- Ostad, S.A. (1999): Comorbiditet mellom matematikkvansker og skriftspråkvansker. I: Ostad, S.A.: *Elever med matematikkvansker. Studier av kunnskapsutviklingen i strategisk perspektiv*. Oslo: Unipub.

- Ostad, S.A. (2003): Fra egosentrisk til subvokal tale. Et for lite påaktet utviklingsperspektiv for å forebygge matematikkvansker? *Spesialpedagogikk*, nr 1, s. 38-44.
- Rasmussen, C. og J. Bisanz (2005): Representation and working memory in early arithmetic. *Experimental Child Psychology*, nr. 91, s. 137-157.
- Richardson J.T.E. (1996a): Evolving Concepts of Working Memory. I: Richardson J.T.E., R.W. Engle, L. Hasher, R.H. Logie, E.R. Stoltzfus og R.T. Zacks; *Working Memory and Human Cognition*. New York: Oxford University Press.
- Richardson J.T.E. (1996b): Evolving Issues in Working Memory. I: Richardson J.T.E., R.W. Engle, L. Hasher, R.H. Logie, E.R. Stoltzfus og R. T. Zacks; *Working Memory and Human Cognition*. New York: Oxford University Press.
- Sattler, J.M. (2001): *Assessment of Children: Cognitive Applications Fourth Edition*. La Mesa: Jerome M. Sattler Publisher Inc.
- Shadish, W.R., T.D. Cook og D.T. Campbell (2002): *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Boston: Houghton Mifflin Company.
- Towse N.J. og C.M.T. Houston-Price (2001): Reflections on the concept of the central executive. I: Andrade, J. (red.); *Working Memory in Perspective*. New York: Psychology Press.
- Utdanningsdirektoratet (2005): *Nasjonale prøver 2005. Matematikk. 4 trinn*. URL: <http://www.matematikkspartner.no/content.ap?thisId=425>. (lesedato: 03.11.05)
- Van der Sluis, S., A. van der Leij og P.F. de Jong (2005): Working Memory in Dutch Children with Reading- and Arithmetic-Related LD. *Journal of learning disabilities*, vol 38, nr 3, s. 207-221.
- Ward, G. (2001): A critique of the working memory model. I: Andrade, J. (red.); *Working Memory in Perspective*. New York: Psychology Press.
- Wechsler, D. (1991): Wechsler Intelligence Scale for Children – Third Edition: WISC-III. Svensk version (1999). Stockholm: Psykologiförlaget.
- Wetterberg, P. (2005): *Hukommelsesboken – Hvorfor vi husker godt og glemmer lett*. Oslo: Gyldendal Akademisk.

Vedlegg

Vedlegg 1: Informasjonsbrev til foresatte

Informasjon til foresatte

Anke Houben og Silje Systad studerer master i spesialpedagogikk ved Universitetet i Oslo.

I forbindelse med deres masterprosjekt vil de se nærmere på sammenhengen mellom matematikkprestasjoner og hukommelse. Målet med prosjektet er økt innsikt i hvordan barn arbeider med matematikk.

For å få bedre forståelse av feltet ønsker de å se nærmere på noen elever individuelt. På grunnlag av nasjonal prøve i matematikk tatt våren 2005, er en tredjedel av klassen derfor valgt ut til å kunne delta i prosjektet. Utvalget består av elever som presterer forskjellig i matematikk for å få en spredning.

Den individuelle undersøkelsen består av oppgaver som omfatter generelle ferdigheter og hukommelsen og vil ikke overskride én skoletime. Prosjektet vil finne sted på skolen på slutten av januar og i begynnelsen av februar 2006. Eleven vil ikke gå glipp av viktig undervisning eller sosiale aktiviteter. De vil dessuten vektlegge at utredningen blir en positiv opplevelse for hvert enkelt barn.

Deltakelse i prosjektet er frivillig og krever samtykke fra foresatte. Det er når som helst mulig å trekke seg fra prosjektet.

Alle opplysninger vil bli behandlet konfidensielt og anonymisert. Det som kommer frem i undersøkelsen vil ikke kunne tilbakeføres til enkeltindivider. Opplysningene vil bli makulert etter prosjektets avslutning, det vil si juni 2006.

Dersom foresatte har spørsmål, vennligst ta kontakt med klassestyrer.

Med vennlig hilsen

Klassestyrer

Ja, jeg godtar at mitt barn _____

deltar i masterprosjektet om matematikkprestasjoner og hukommelse.

Navn foresatte: _____ Dato: _____